MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.
PNLD 2026 - ENSINO MÉDIO
Código da coleção:
0016 P26 01 01 203 815

EDUARDO LEITE DO SANTO
LAURA CR[illegible]O CAN[illegible]LEITE
[illegible]

MODERNA PLUS

Q[illegible]A na abordagem do cotidiano

MANUAL DO PROFESSOR

VOLUME ÚNICO

ENSINO MÉDIO

Área de conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente curricular:
Química

MODERNA

EDUARDO LEITE DO CANTO
Licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP).
Doutor em Ciências pelo Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (SP).
Autor de livros didáticos e paradidáticos. Professor.

LAURA CELLOTO CANTO LEITE
Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (SP).
Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (SP).
Autora de livros didáticos. Professora.

LUIZA CELLOTO CANTO
Licenciada em Física pela Universidade Estadual de Campinas (SP).
Autora de livros didáticos. Professora.

MODERNA PLUS

QUÍMICA
na abordagem do cotidiano

VOLUME ÚNICO
ENSINO MÉDIO

Área de conhecimento: Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Componente curricular: Química

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição
São Paulo, 2024

MODERNA

Edição executiva: Fabio Martins de Leonardo, Glaucia Teixeira
Edição de texto: Júlio Francisco Hisada Pedroni, Tathyana Tumolo Haider
Assessoria didático-pedagógica: Ariel Rodrigues Cardoso, Celso Luiz Mattos, Cristina Astolfi, Erasmo Moises dos Santos Silva, Marcelo Pulido, Maria Ângela de Camargo, Marisa Balthasar, Mayara de Carvalho Santos, Silene Claro
Assistência editorial: Edna Gonçalves dos Santos, Mariane Genaro
Gerência de planejamento editorial e revisão: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero, Mônica Rodrigues de Lima
Revisão: Ana Cortazzo, Sirlene Prignolato, Tatiana Malheiro, Aiko Mine, Laís Sá
Gerência de *design*, produção gráfica e digital: Patricia Costa
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Mariza de Souza Porto, Bruno Tonel, Vinicius Rossignol
Capa: Everson de Paula, Paula Miranda Santos
Colagem digital: Everson de Paula
Fotos: Surasak Suwanmake/Moment/Getty Images; Surasak Suwanmake/Moment/Getty Images; zyxeos30/Moment/Getty Images; DrPixel/Moment/Getty Images; Magcom/Shutterstock; Krakenimages/Shutterstock; Kryshtofor Volodymyr/Shutterstock; COLOA Studio/Shutterstock
Coordenação de produção gráfica: Aderson Oliveira
Coordenação de arte: Alexandre Lugó, Wilson Gazzoni Agostinho
Edição de arte: Simone Zupardo Dias
Editoração eletrônica: SETUP Bureau
Coordenação de pesquisa iconográfica: Sônia Oddi
Pesquisa iconográfica: Cristina Mota
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Ademir Baptista, Ana Isabela Pithan Maraschin, Denise Feitosa, Vânia Maia
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Marcio H. Kamoto
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

Organização dos objetos digitais: Pâmela Castro
Elaboração dos objetos digitais: Fabio Martins de Leonardo, Glaucia Teixeira

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Canto, Eduardo Leite do
Moderna plus química na abordagem do cotidiano / Eduardo Leite do Canto, Laura Celloto Canto Leite, Luiza Celloto Canto. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2024.

Obra em volume único do 1º, 2º e 3º anos do ensino médio.
Componente curricular: Química.
Área de conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias.
ISBN 978-85-16-14043-4 (aluno)
ISBN 978-85-16-14044-1 (professor)

1. Química (Ensino médio) I. Leite, Laura Celloto Canto. II. Canto, Luiza Celloto. III. Título.

24-228497 CDD-540.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Química : Ensino médio 540.7

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
Todos os direitos reservados.

EDITORA MODERNA LTDA.
Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Canal de atendimento: 0303 663 3762
www.moderna.com.br
2024
Impresso no Brasil
1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

APRESENTAÇÃO

Prezado estudante,

Nesta obra, cada componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias buscou trabalhar conceitos relevantes, priorizar informações científicas, conhecimentos e habilidades que contribuam para uma formação cidadã.

A abordagem de Biologia, Física e Química promove a participação na pesquisa, na reflexão, na interação e no modo de compreender e se apropriar dos conteúdos e de sua aplicação na vida cotidiana.

Atendendo às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular, que considera as particularidades de diferentes culturas, as propostas foram construídas com a intenção de mobilizar conhecimentos para resolver problemas e desenvolver a autonomia intelectual e o pensamento crítico.

Ao perceber os esforços necessários para superar os desafios das rápidas transformações da atualidade, esperamos que você valorize a abordagem científica dos fenômenos naturais, compreenda as Ciências da Natureza e o papel do conhecimento científico e da investigação científica na vida contemporânea.

Desejamos contribuir para a conscientização de que apenas com a cooperação e a integração de todas as áreas do conhecimento será possível encontrar soluções globais para diversos problemas enfrentados atualmente. Também é nossa meta favorecer a percepção de que é somente por meio do conhecimento que a sociedade pode avançar de maneira sustentável em direção a um futuro melhor.

Os autores

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONHEÇA SEU LIVRO

CAPÍTULO 5

Fundamentos dos compostos orgânicos

O acarajé e o vatapá são pratos de origem africana trazidos para o Brasil na época colonial e que hoje fazem parte da culinária nordestina. (A) Baiana servindo bolinhos de acarajé recheados com vatapá (Salvador, BA, 2018). (B) Três bolinhos de acarajé recheados com vatapá.

Os bolinhos de acarajé recheados com vatapá constituem um prato brasileiro de origem africana. O acarajé é uma massa de feijão-fradinho batido com condimentos. O vatapá é um caldo grosso que pode ser feito de pão amanhecido e farinha de trigo, que costuma ter peixe, camarão, pimentão verde ou vermelho e azeite de dendê em sua composição.

Os ingredientes desses pratos fornecem diversas substâncias necessárias à nutrição humana. A metionina (proveniente, por exemplo, do peixe) e a lisina (encontrada no feijão) estão entre os aminoácidos essenciais, aqueles que nosso corpo não consegue produzir e, por isso, devem ser ingeridos. O amido (presente na farinha de trigo) é um carboidrato. As vitaminas A e E (presentes no azeite de dendê), a vitamina B_2 (existente no peixe) e a vitamina C (presente nos pimentões) são nutrientes importantes para o funcionamento adequado de nosso organismo.

Neste capítulo, vamos conhecer alguns compostos estudados pela Química Orgânica e conhecer termos e conceitos relacionados a eles. Como exemplos introdutórios, escolhemos algumas entre as muitas substâncias presentes no acarajé e no vatapá. Essas substâncias são a metionina ($C_5H_{11}NO_2S$), a lisina ($C_6H_{14}N_2O_2$), o amido ($[C_6H_{10}O_5]_n$) e a riboflavina ou vitamina B_2 ($C_{17}H_{20}N_4O_6$). Possíveis representações para suas moléculas são mostradas nesta página. Por que não há o símbolo do carbono em nenhuma dessas representações? O que são os traços em zigue-zague? O que significa o hexágono com um círculo na representação da riboflavina?

Representações de substâncias mencionadas no texto.

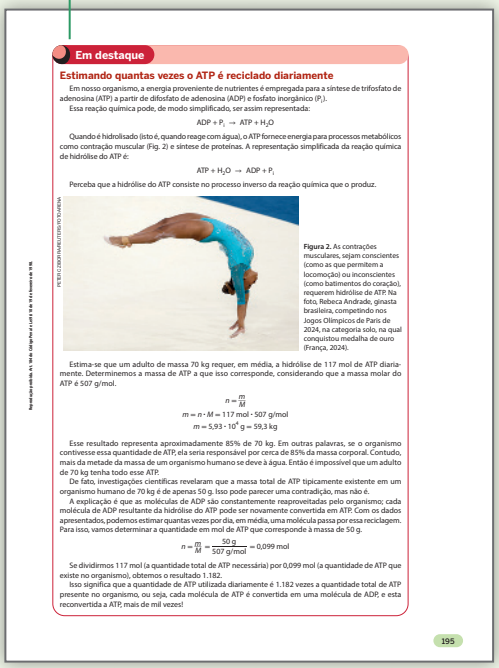
95

Abertura

Apresenta temas relacionados às Ciências da Natureza e os assuntos que serão abordados no capítulo.

Em destaque

Textos com informações complementares aos assuntos tratados no capítulo.



Em destaque

Estimando quantas vezes o ATP é reciclado diariamente

Em nosso organismo, a energia proveniente de nutrientes é empregada para a síntese de trifosfato de adenosina (ATP) a partir de difosfato de adenosina (ADP) e fosfato inorgânico (P_i).

Essa reação química pode, de modo simplificado, ser assim representada:

$$ADP + P_i \rightarrow ATP + H_2O$$

Quando é hidrolisado (isto é, quando reage com água), o ATP fornece energia para processos metabólicos como contração muscular (Fig. 2) e síntese de proteínas. A representação simplificada da reação química de hidrólise do ATP é:

$$ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i$$

Perceba que a hidrólise do ATP consiste no processo inverso da reação química que o produz.

Figura 2. As contrações musculares, sejam conscientes (como as que permitem a locomoção) ou inconscientes (como batimentos do coração), requerem hidrólise de ATP. Na foto, Rebeca Andrade, ginasta brasileira, competindo nos Jogos Olímpicos de Paris de 2024, na categoria solo, na qual conquistou medalha de ouro (França, 2024).

Estima-se que um adulto de massa 70 kg requer, em média, a hidrólise de 117 mol de ATP diariamente. Determinemos a massa de ATP a que isso corresponde, considerando que a massa molar do ATP é 507 g/mol.

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = n \cdot M = 117 \text{ mol} \cdot 507 \text{ g/mol}$$

$$m = 5{,}93 \cdot 10^4 \text{ g} = 59{,}3 \text{ kg}$$

Esse resultado representa aproximadamente 85% de 70 kg. Em outras palavras, se o organismo contivesse essa quantidade de ATP, ela seria responsável por cerca de 85% da massa corporal. Contudo, mais da metade da massa de um organismo humano se deve à água. Então é impossível que um adulto de 70 kg tenha todo esse ATP.

De fato, investigações científicas revelaram que a massa total de ATP tipicamente existente em um organismo humano de 70 kg é de apenas 50 g. Isso pode parecer uma contradição, mas não é.

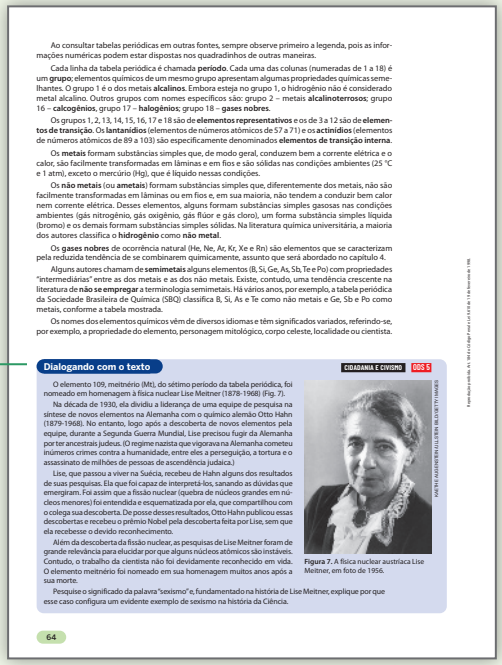
A explicação é que as moléculas de ADP são constantemente reaproveitadas pelo organismo; cada molécula de ADP resultante da hidrólise do ATP pode ser novamente convertida em ATP. Com os dados apresentados, podemos estimar quantas vezes por dia, em média, uma molécula passa por essa reciclagem. Para isso, vamos determinar a quantidade em mol de ATP que corresponde à massa de 50 g.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{50 \text{ g}}{507 \text{ g/mol}} = 0{,}099 \text{ mol}$$

Se dividirmos 117 mol (a quantidade total de ATP necessária) por 0,099 mol (a quantidade de ATP que existe no organismo), obtemos o resultado 1.182.

Isso significa que a quantidade de ATP utilizada diariamente é 1.182 vezes a quantidade total de ATP presente no organismo, ou seja, cada molécula de ATP é convertida em uma molécula de ADP, e esta reconvertida a ATP, mais de mil vezes!

195



Ao consultar tabelas periódicas em outras fontes, sempre observe primeiro a legenda, pois as informações numéricas podem estar dispostas nos quadradinhos de outras maneiras.

Cada linha da tabela periódica é chamada **período**. Cada uma das colunas (numeradas de 1 a 18) é um **grupo**; elementos químicos de um mesmo grupo apresentam algumas propriedades químicas semelhantes. O grupo 1 é o dos metais **alcalinos**. Embora esteja no grupo 1, o hidrogênio não é considerado metal alcalino. Outros grupos com nomes específicos são: grupo 2 – metais **alcalinoterrosos**; grupo 16 – **calcogênios**, grupo 17 – **halogênios**; grupo 18 – **gases nobres**.

Os grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 são de **elementos representativos** e os de 3 a 12 são de **elementos de transição**. Os **lantanídios** (elementos de números atômicos de 57 a 71) e os **actinídios** (elementos de números atômicos de 89 a 103) são especificamente denominados **elementos de transição interna**.

Os **metais** formam substâncias simples que, de modo geral, conduzem bem a corrente elétrica e o calor, são facilmente transformadas em lâminas e em fios e são sólidas nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), exceto o mercúrio (Hg), que é líquido nessas condições.

Os **não metais** (ou **ametais**) formam substâncias simples que, diferentemente dos metais, não são facilmente transformadas em lâminas ou em fios e, em sua maioria, não tendem a conduzir bem calor nem corrente elétrica. Desses elementos, alguns formam substâncias simples gasosas nas condições ambientes (gás nitrogênio, gás oxigênio, gás flúor e gás cloro), um forma substância simples líquida (bromo) e os demais formam substâncias simples sólidas. Na literatura química universitária, a maioria dos autores classifica o **hidrogênio** como **não metal**.

Os **gases nobres** de ocorrência natural (He, Ne, Ar, Kr, Xe e Rn) são elementos que se caracterizam pela reduzida tendência de se combinarem quimicamente, assunto que será abordado no capítulo 4.

Alguns autores chamam de **semimetais** alguns elementos (B, Si, Ge, As, Sb, Te e Po) com propriedades "intermediárias" entre as dos metais e as dos não metais. Existe, contudo, uma tendência crescente na literatura de **não se empregar** a terminologia semimetais. Há vários anos, por exemplo, a tabela periódica da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) classifica B, Si, As e Te como não metais e Ge, Sb e Po como metais, conforme a tabela mostrada.

Os nomes dos elementos químicos vêm de diversos idiomas e têm significados variados, referindo-se, por exemplo, a propriedade do elemento, personagem mitológico, corpo celeste, localidade ou cientista.

Dialogando com o texto CIDADANIA E CIVISMO ODS 5

O elemento 109, meitnério (Mt), do sétimo período da tabela periódica, foi nomeado em homenagem à física nuclear Lise Meitner (1878-1968) (Fig. 7).

Na década de 1930, ela dividiu a liderança de uma equipe de pesquisa na síntese de novos elementos na Alemanha com o químico alemão Otto Hahn (1879-1968). No entanto, logo após a descoberta de novos elementos pela equipe, durante a Segunda Guerra Mundial, Lise precisou fugir da Alemanha por ter ancestrais judeus. (O regime nazista que vigorava na Alemanha cometeu inúmeros crimes contra a humanidade, entre eles a perseguição, a tortura e o assassinato de milhões de pessoas de ascendência judaica.)

Lise, que passou a viver na Suécia, recebeu de Hahn alguns dos resultados de suas pesquisas. Ela que foi capaz de interpretá-los, sanando as dúvidas que emergiram. Foi assim que a fissão nuclear (quebra de núcleos grandes em núcleos menores) foi entendida e esquematizada por ela, que compartilhou com o colega sua descoberta. De posse desses resultados, Otto Hahn publicou essas descobertas e recebeu o prêmio Nobel pela descoberta feita por Lise, sem que ela recebesse o devido reconhecimento.

Além da descoberta da fissão nuclear, as pesquisas de Lise Meitner foram de grande relevância para elucidar por que alguns núcleos atômicos são instáveis. Contudo, o trabalho da cientista não foi devidamente reconhecido em vida. O elemento meitnério foi nomeado em sua homenagem muitos anos após a sua morte.

Pesquise o significado da palavra "sexismo" e, fundamentado na história de Lise Meitner, explique por que esse caso configura um evidente exemplo de sexismo na história da Ciência.

Figura 7. A física nuclear austríaca Lise Meitner, em foto de 1956.

64

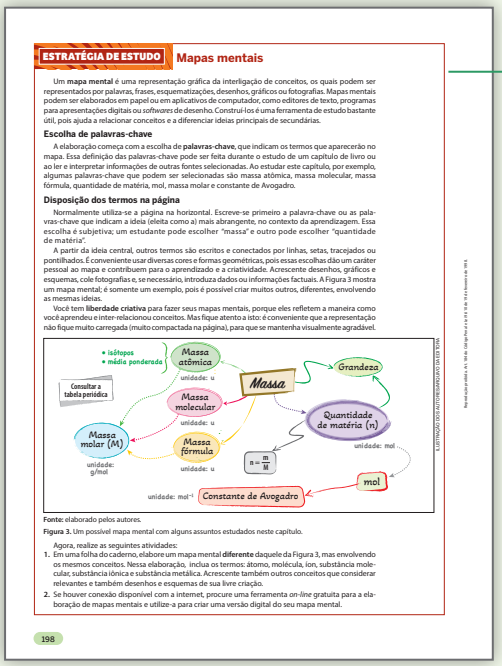
Dialogando com o texto

Informações e atividades que promovem exploração ou aprofundamento de assuntos trabalhados no capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Cuide bem deste livro para que outros colegas possam estudar com ele. Lembre-se de fazer anotações e escrever as respostas no caderno.



ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Mapas mentais

Um **mapa mental** é uma representação gráfica da interligação de conceitos, os quais podem ser representados por palavras, frases, esquematizações, desenhos, gráficos ou fotografias. Mapas mentais podem ser elaborados em papel ou em aplicativos de computador, como editores de texto, programas para apresentações digitais ou *softwares* de desenho. Construí-los é uma ferramenta de estudo bastante útil, pois ajuda a relacionar conceitos e a diferenciar ideias principais de secundárias.

Escolha de palavras-chave

A elaboração começa com a escolha de **palavras-chave**, que indicam os termos que aparecerão no mapa. Essa definição das palavras-chave pode ser feita durante o estudo de um capítulo de livro ou ao ler e interpretar informações de outras fontes selecionadas. Ao estudar este capítulo, por exemplo, algumas palavras-chave que podem ser selecionadas são massa atômica, massa molecular, massa fórmula, quantidade de matéria, mol, massa molar e constante de Avogadro.

Disposição dos termos na página

Normalmente utiliza-se a página na horizontal. Escreve-se primeiro a palavra-chave ou as palavras-chave que indicam a ideia (eleita como a) mais abrangente, no contexto da aprendizagem. Essa escolha é subjetiva; um estudante pode escolher "massa" e outro pode escolher "quantidade de matéria".

A partir da ideia central, outros termos são escritos e conectados por linhas, setas, tracejados ou pontilhados. É conveniente usar diversas cores e formas geométricas, pois essas escolhas dão um caráter pessoal ao mapa e contribuem para o aprendizado e a criatividade. Acrescente desenhos, gráficos e esquemas, cole fotografias e, se necessário, introduza dados ou informações factuais. A Figura 3 mostra um mapa mental; é somente um exemplo, pois é possível criar muitos outros, diferentes, envolvendo as mesmas ideias.

Você tem **liberdade criativa** para fazer seus mapas mentais, porque eles refletem a maneira como você aprendeu e inter-relacionou conceitos. Mas fique atento a isto: é conveniente que a representação não fique muito carregada (muito compactada na página), para que se mantenha visualmente agradável.

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 3. Um possível mapa mental com alguns assuntos estudados neste capítulo.

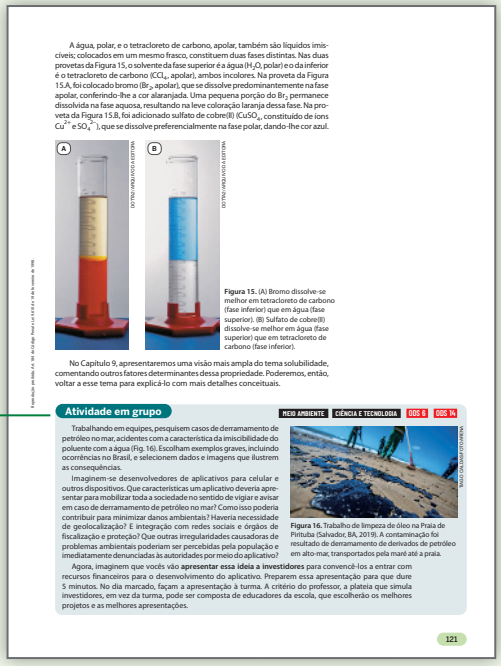
Agora, realize as seguintes atividades:

1. Em uma folha do caderno, elabore um mapa mental **diferente** daquele da Figura 3, mas envolvendo os mesmos conceitos. Nessa elaboração, inclua os termos: átomo, molécula, íon, substância molecular, substância iônica e substância metálica. Acrescente também outros conceitos que considerar relevantes e também desenhos e esquemas de sua livre criação.
2. Se houver conexão disponível com a internet, procure uma ferramenta *on-line* gratuita para a elaboração de mapas mentais e utilize-a para criar uma versão digital do seu mapa mental.

198

Estratégia de estudo

Propostas para organizar os conhecimentos e otimizar os estudos, favorecendo sua autonomia.



A água, polar, e o tetracloreto de carbono, apolar, também são líquidos imiscíveis; colocados em um mesmo frasco, constituem duas fases distintas. Nas duas provetas da Figura 15, o solvente da fase superior é a água (H_2O polar) e o da inferior é o tetracloreto de carbono (CCl_4, apolar), ambos incolores. Na proveta da Figura 15.A, foi colocado bromo (Br_2, apolar), que se dissolve predominantemente na fase apolar, conferindo-lhe a cor alaranjada. Uma pequena porção do Br_2 permanece dissolvida na fase aquosa, resultando na leve coloração laranja dessa fase. Na proveta da Figura 15.B, foi adicionado sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$, constituído de íons Cu^{2+} e SO_4^{2-}), que se dissolve preferencialmente na fase polar, dando-lhe cor azul.

Figura 15. (A) Bromo dissolve-se melhor em tetracloreto de carbono (fase inferior) que em água (fase superior). (B) Sulfato de cobre(II) dissolve-se melhor em água (fase superior) que em tetracloreto de carbono (fase inferior).

No Capítulo 9, apresentaremos uma visão mais ampla do tema solubilidade, comentando outros fatores determinantes dessa propriedade. Poderemos, então, voltar a esse tema para explicá-lo com mais detalhes conceituais.

Atividade em grupo

MEIO AMBIENTE | CIÊNCIA E TECNOLOGIA | ODS 6 | ODS 14

Trabalhando em equipes, pesquisem casos de derramamento de petróleo no mar, acidentes com a característica da imiscibilidade do poluente com a água (Fig. 16). Escolham exemplos graves, incluindo ocorrências no Brasil, e selecionem dados e imagens que ilustrem as consequências.

Imaginem-se desenvolvedores de aplicativos para celular e outros dispositivos. Que características um aplicativo deveria apresentar para mobilizar toda a sociedade no sentido de vigiar e avisar em caso de derramamento de petróleo no mar? Como isso poderia contribuir para minimizar danos ambientais? Haveria necessidade de geolocalização? E integração com redes sociais e órgãos de fiscalização e proteção? Que outras irregularidades causadoras de problemas ambientais poderiam ser percebidas pela população e imediatamente denunciadas às autoridades por meio do aplicativo?

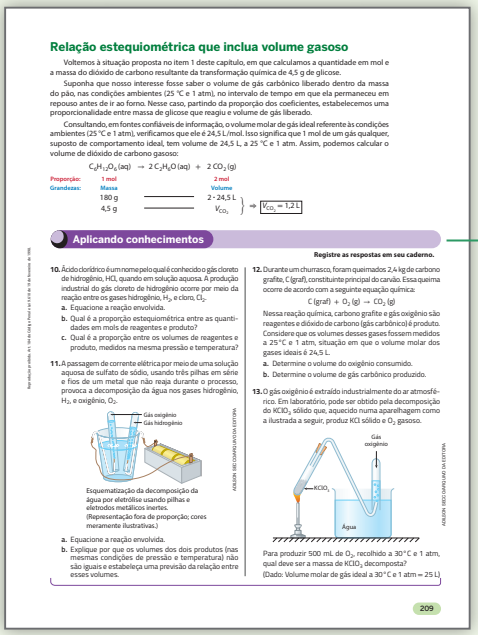
Agora, imaginem que vocês vão **apresentar essa ideia a investidores** para convencê-los a entrar com recursos financeiros para o desenvolvimento do aplicativo. Preparem essa apresentação para que dure 5 minutos. No dia marcado, façam a apresentação à turma. A critério do professor, a plateia que simula investidores, em vez da turma, pode ser composta de educadores da escola, que escolherão os melhores projetos e as melhores apresentações.

Figura 16. Trabalho de limpeza de óleo na Praia de Pirituba (Salvador, BA, 2019). A contaminação foi resultado de derramamento de derivados de petróleo em alto-mar, transportados pela maré até a praia.

121

Atividade em grupo

Atividades que estimulam o trabalho em grupo e favorecem o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, argumentação, comunicação etc.



Relação estequiométrica que inclua volume gasoso

Voltemos à situação proposta no item 1 deste capítulo, em que calculamos a quantidade em mol e a massa do dióxido de carbono resultante da transformação química de 4,5 g de glicose.

Suponha que nosso interesse fosse saber o volume de gás carbônico liberado dentro da massa do pão, nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), no intervalo de tempo em que ela permaneceu em repouso antes de ir ao forno. Nesse caso, partindo da proporção dos coeficientes, estabelecemos uma proporcionalidade entre massa de glicose que reagiu e volume de gás liberado.

Consultando, em fontes confiáveis de informação, o volume molar de gás ideal referente às condições ambientes (25 °C e 1 atm), verificamos que ele é 24,5 L/mol. Isso significa que 1 mol de um gás qualquer, suposto de comportamento ideal, tem volume de 24,5 L, a 25 °C e 1 atm. Assim, podemos calcular o volume de dióxido de carbono gasoso:

$$C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O(aq) + 2\,CO_2(g)$$

Proporção:	1 mol	2 mol
Grandezas:	Massa	Volume
	180 g	2 · 24,5 L
	4,5 g	V_{CO_2}

$\Rightarrow V_{CO_2} = 1{,}2\ L$

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

10. Ácido clorídrico é um nome pelo qual é conhecido o gás cloreto de hidrogênio, HCl, quando em solução aquosa. A produção industrial do gás cloreto de hidrogênio ocorre por meio da reação entre os gases hidrogênio, H_2, e cloro, Cl_2.
- **a.** Equacione a reação envolvida.
- **b.** Qual é a proporção estequiométrica entre as quantidades em mols de reagentes e produto?
- **c.** Qual é a proporção entre os volumes de reagentes e produto, medidos na mesma pressão e temperatura?

11. A passagem de corrente elétrica por meio de uma solução aquosa de sulfato de sódio, usando três pilhas em série e fios de um metal que não reaja durante o processo, provoca a decomposição da água nos gases hidrogênio, H_2, e oxigênio, O_2.

Esquematização da decomposição da água por eletrólise usando pilhas e eletrodos metálicos inertes. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

- **a.** Equacione a reação envolvida.
- **b.** Explique por que os volumes dos dois produtos (nas mesmas condições de pressão e temperatura) não são iguais e estabeleça uma previsão da relação entre esses volumes.

12. Durante um churrasco, foram queimados 2,4 kg de carbono grafite, C (graf), constituinte principal do carvão. Essa queima ocorre de acordo com a seguinte equação química:

$$C\,(graf) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g)$$

Nessa reação química, carbono grafite e gás oxigênio são reagentes e dióxido de carbono (gás carbônico) é produto. Considere que os volumes desses gases fossem medidos a 25 °C e 1 atm, situação em que o volume molar dos gases ideais é 24,5 L.
- **a.** Determine o volume do oxigênio consumido.
- **b.** Determine o volume de gás carbônico produzido.

13. O gás oxigênio é extraído industrialmente do ar atmosférico. Em laboratório, pode ser obtido pela decomposição do $KClO_3$ sólido que, aquecido numa aparelhagem como a ilustrada a seguir, produz KCl sólido e O_2 gasoso.

Para produzir 500 mL de O_2, recolhido a 30 °C e 1 atm, qual deve ser a massa de $KClO_3$ decomposta?
(Dado: Volume molar de gás ideal a 30 °C e 1 atm = 25 L)

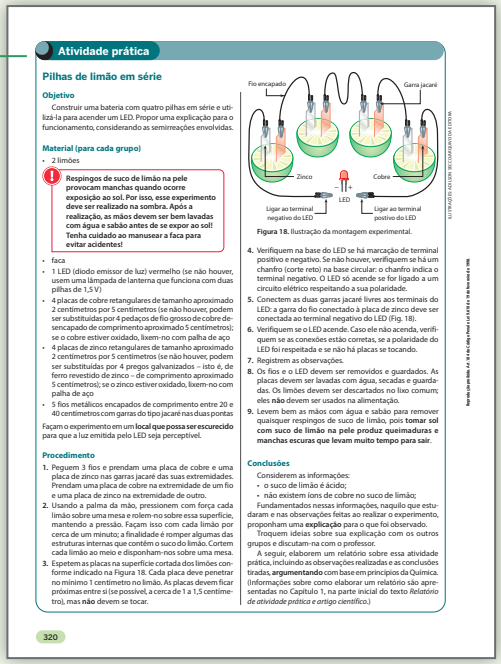
209

Aplicando conhecimentos

Atividades ao longo do capítulo para verificação e assimilação de conceitos trabalhados

Atividade prática

Atividades práticas que buscam abordar aspectos das Ciências da Natureza como observação, investigação e formulação de hipóteses.



Atividade prática

Pilhas de limão em série

Objetivo

Construir uma bateria com quatro pilhas em série e utilizá-la para acender um LED. Propor uma explicação para o funcionamento, considerando as semirreações envolvidas.

Material (para cada grupo)

- 2 limões

Respingos de suco de limão na pele provocam manchas quando ocorre exposição ao sol. Por isso, este experimento deve ser realizado na sombra. Após a realização, as mãos devem ser bem lavadas com água e sabão antes de se expor ao sol! Tenha cuidado ao manusear a faca para evitar acidentes!

- faca
- 1 LED (diodo emissor de luz) vermelho (se não houver, usem uma lâmpada de lanterna que funciona com duas pilhas de 1,5 V)
- 4 placas de cobre retangulares de tamanho aproximado 2 centímetros por 5 centímetros (se não houver, podem ser substituídas por 4 pedaços de fio grosso de cobre desencapado de comprimento aproximado 5 centímetros); se o cobre estiver oxidado, lixem-no com palha de aço
- 4 placas de zinco retangulares de tamanho aproximado 2 centímetros por 5 centímetros (se não houver, podem ser substituídas por 4 pregos galvanizados – isto é, de ferro revestido de zinco – de comprimento aproximado 5 centímetros); se o zinco estiver oxidado, lixem-no com palha de aço
- 5 fios metálicos encapados de comprimento entre 20 e 40 centímetros com garras do tipo jacaré nas duas pontas

Façam o experimento em um **local que possa ser escurecido** para que a luz emitida pelo LED seja perceptível.

Procedimento

1. Peguem 3 fios e prendam uma placa de cobre e uma placa de zinco nas garras jacaré das suas extremidades. Prendam uma placa de cobre na extremidade de um fio e uma placa de zinco na extremidade de outro.
2. Usando a palma da mão, pressionem com força cada limão sobre uma mesa e rolem-no sobre essa superfície, mantendo a pressão. Façam isso com cada limão por cerca de um minuto; a finalidade é romper algumas das estruturas internas que contêm o suco do limão. Cortem cada limão ao meio e disponham-nos sobre uma mesa.
3. Espetem as placas na superfície cortada dos limões conforme indicado na Figura 18. Cada placa deve penetrar no mínimo 1 centímetro no limão. As placas devem ficar próximas entre si (se possível, a cerca de 1 a 1,5 centímetro), mas **não** devem se tocar.

Figura 18. Ilustração da montagem experimental.

4. Verifiquem na base do LED se há marcação de terminal positivo e negativo. Se não houver, verifiquem se há um chanfro (corte reto) na base circular: o chanfro indica o terminal negativo. O LED só acende se for ligado a um circuito elétrico respeitando a sua polaridade.
5. Conectem as duas garras jacaré livres aos terminais do LED: a garra do fio conectado à placa de zinco deve ser conectada ao terminal negativo do LED (Fig. 18).
6. Verifiquem se o LED acende. Caso ele não acenda, verifiquem se as conexões estão corretas, se a polaridade do LED foi respeitada e se não há placas se tocando.
7. Registrem as observações.
8. Os fios e o LED devem ser removidos e guardados. As placas devem ser lavadas com água, secadas e guardadas. Os limões devem ser descartados no lixo comum; eles **não** devem ser usados na alimentação.
9. Lavem bem as mãos com água e sabão para remover quaisquer respingos de suco de limão, pois **tomar sol com suco de limão na pele produz queimaduras e manchas escuras que levam muito tempo para sair.**

Conclusões

Considerem as informações:

- o suco de limão é ácido;
- não existem íons de cobre no suco de limão;

Fundamentados nessas informações, naquilo que estudaram e nas observações feitas ao realizar o experimento, proponham uma **explicação** para o que foi observado.

Troquem ideias sobre sua explicação com os outros grupos e discutam-na com o professor.

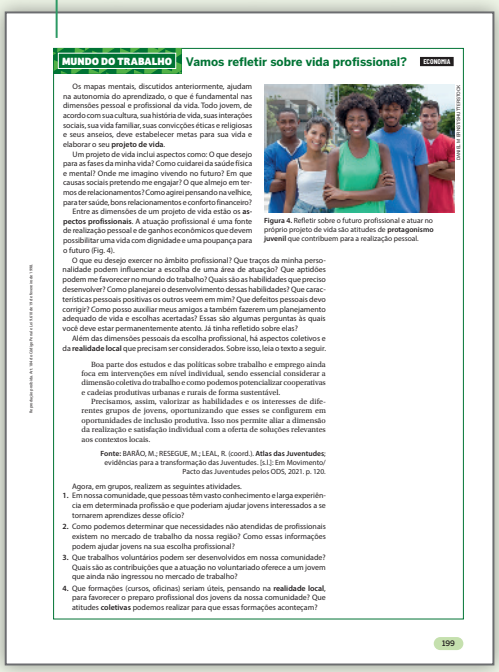
A seguir, elaborem um relatório sobre essa atividade prática, incluindo as observações realizadas e as conclusões tiradas, **argumentando** com base em princípios da Química. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

320

Mundo do trabalho

Propostas de leitura, reflexão e discussão acerca de contextos envolvendo perspectivas e possibilidades profissionais.



MUNDO DO TRABALHO **Vamos refletir sobre vida profissional?** ECONOMIA

Os mapas mentais, discutidos anteriormente, ajudam na autonomia do aprendizado, o que é fundamental nas dimensões pessoal e profissional da vida. Todo jovem, de acordo com sua cultura, sua história de vida, suas interações sociais, sua vida familiar, suas convicções éticas e religiosas e seus anseios, deve estabelecer metas para sua vida e elaborar o seu **projeto de vida**.

Um projeto de vida inclui aspectos como: O que desejo para as fases da minha vida? Como cuidarei da saúde física e mental? Onde me imagino vivendo no futuro? Em que causas sociais pretendo me engajar? O que almejo em termos de relacionamentos? Como agirei pensando na velhice, para ter saúde, bons relacionamentos e conforto financeiro?

Entre as dimensões de um projeto de vida estão os **aspectos profissionais**. A atuação profissional é uma fonte de realização pessoal e de ganhos econômicos que devem possibilitar uma vida com dignidade e uma poupança para o futuro (Fig. 4).

Figura 4. Refletir sobre o futuro profissional e atuar no próprio projeto de vida são atitudes de **protagonismo juvenil** que contribuem para a realização pessoal.

O que eu desejo exercer no âmbito profissional? Que traços da minha personalidade podem influenciar a escolha de uma área de atuação? Que aptidões podem me favorecer no mundo do trabalho? Quais são as habilidades que preciso desenvolver? Como planejarei o desenvolvimento dessas habilidades? Que características pessoais positivas os outros veem em mim? Que defeitos pessoais devo corrigir? Como posso auxiliar meus amigos a também fazerem um planejamento adequado de vida e escolhas acertadas? Essas são algumas perguntas às quais você deve estar permanentemente atento. Já tinha refletido sobre elas?

Além das dimensões pessoais da escolha profissional, há aspectos coletivos e da **realidade local** que precisam ser considerados. Sobre isso, leia o texto a seguir.

> Boa parte dos estudos e das políticas sobre trabalho e emprego ainda foca em intervenções em nível individual, sendo essencial considerar a dimensão coletiva do trabalho e como podemos potencializar cooperativas e cadeias produtivas urbanas e rurais de forma sustentável.
>
> Precisamos, assim, valorizar as habilidades e os interesses de diferentes grupos de jovens, oportunizando que esses se configurem em oportunidades de inclusão produtiva. Isso nos permite aliar a dimensão da realização e satisfação individual com a oferta de soluções relevantes aos contextos locais.
>
> **Fonte:** BARÃO, M.; RESEGUE, M.; LEAL, R. (coord.). **Atlas das Juventudes**: evidências para a transformação das Juventudes. [s.l.]: Em Movimento/Pacto das Juventudes pelos ODS, 2021. p. 120.

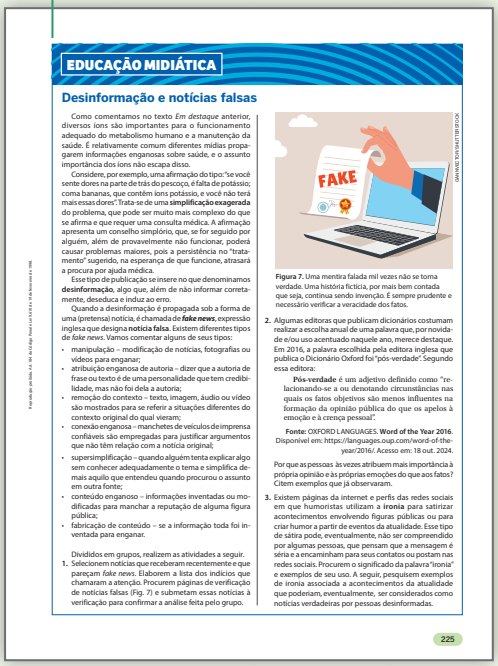
Agora, em grupos, realizem as seguintes atividades.

1. Em nossa comunidade, que pessoas têm vasto conhecimento e larga experiência em determinada profissão e que poderiam ajudar jovens interessados a se tornarem aprendizes desse ofício?
2. Como podemos determinar que necessidades não atendidas de profissionais existem no mercado de trabalho da nossa região? Como essas informações podem ajudar jovens na sua escolha profissional?
3. Que trabalhos voluntários podem ser desenvolvidos em nossa comunidade? Quais são as contribuições que a atuação no voluntariado oferece a um jovem que ainda não ingressou no mercado de trabalho?
4. Que formações (cursos, oficinas) seriam úteis, pensando na **realidade local**, para favorecer o preparo profissional dos jovens da nossa comunidade? Que atitudes **coletivas** podemos realizar para que essas formações aconteçam?

199

Educação midiática

Propostas de estudo e reflexão sobre a veiculação de informações em diferentes mídias.



EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Desinformação e notícias falsas

Como comentamos no texto *Em destaque* anterior, diversos íons são importantes para o funcionamento adequado do metabolismo humano e a manutenção da saúde. É relativamente comum diferentes mídias propagarem informações enganosas sobre saúde, e o assunto importância dos íons não escapa disso.

Considere, por exemplo, uma afirmação do tipo: "se você sente dores na parte de trás do pescoço, é falta de potássio; coma bananas, que contêm íons potássio, e você não terá mais essas dores". Trata-se de uma **simplificação exagerada** do problema, que pode ser muito mais complexo do que se afirma e que requer uma consulta médica. A afirmação apresenta um conselho simplório, que, se for seguido por alguém, além de provavelmente não funcionar, poderá causar problemas maiores, pois a persistência no "tratamento" sugerido, na esperança de que funcione, atrasará a procura por ajuda médica.

Esse tipo de publicação se insere no que denominamos **desinformação**, algo que, além de não informar corretamente, deseduca e induz ao erro.

Quando a desinformação é propagada sob a forma de uma (pretensa) notícia, é chamada de ***fake news***, expressão inglesa que designa **notícia falsa**. Existem diferentes tipos de *fake news*. Vamos comentar alguns de seus tipos:

- manipulação – modificação de notícias, fotografias ou vídeos para enganar;
- atribuição enganosa de autoria – dizer que a autoria de frase ou texto é de uma personalidade que tem credibilidade, mas não foi dela a autoria;
- remoção do contexto – texto, imagem, áudio ou vídeo são mostrados para se referir a situações diferentes do contexto original do qual vieram;
- conexão enganosa – manchetes de veículos de imprensa confiáveis são empregadas para justificar argumentos que não têm relação com a notícia original;
- supersimplificação – quando alguém tenta explicar algo sem conhecer adequadamente o tema e simplifica demais aquilo que entendeu quando procurou o assunto em outra fonte;
- conteúdo enganoso – informações inventadas ou modificadas para manchar a reputação de alguma figura pública;
- fabricação de conteúdo – se a informação toda foi inventada para enganar.

Divididos em grupos, realizem as atividades a seguir.

1. Selecionem notícias que receberam recentemente e que pareçam *fake news*. Elaborem a lista dos indícios que chamaram a atenção. Procurem páginas de verificação de notícias falsas (Fig. 7) e submetam essas notícias à verificação para confirmar a análise feita pelo grupo.

Figura 7. Uma mentira falada mil vezes não se torna verdade. Uma história fictícia, por mais bem contada que seja, continua sendo invenção. É sempre prudente e necessário verificar a veracidade dos fatos.

2. Algumas editoras que publicam dicionários costumam realizar a escolha anual de uma palavra que, por novidade e/ou uso acentuado naquele ano, merece destaque. Em 2016, a palavra escolhida pela editora inglesa que publica o Dicionário Oxford foi "pós-verdade". Segundo essa editora:

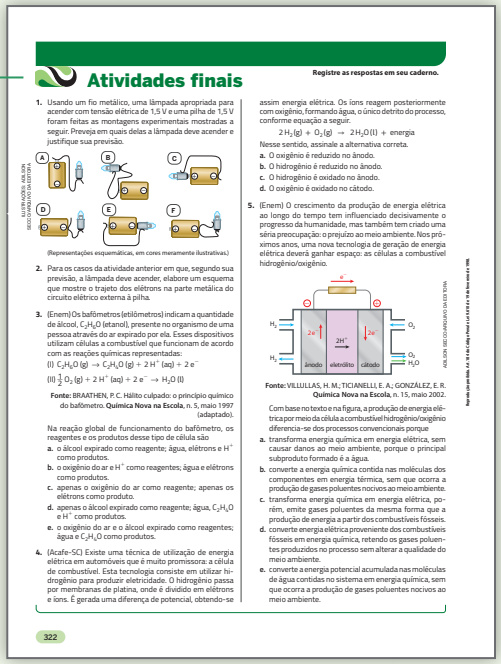
> **Pós-verdade** é um adjetivo definido como "relacionando-se a ou denotando circunstâncias nas quais os fatos objetivos são menos influentes na formação da opinião pública do que os apelos à emoção e à crença pessoal".
>
> **Fonte:** OXFORD LANGUAGES. **Word of the Year 2016**. Disponível em: https://languages.oup.com/word-of-the-year/2016/. Acesso em: 18 out. 2024.

Por que as pessoas às vezes atribuem mais importância à própria opinião e às próprias emoções do que aos fatos? Citem exemplos que já observaram.

3. Existem páginas da internet e perfis das redes sociais em que humoristas utilizam a **ironia** para satirizar acontecimentos envolvendo figuras públicas ou para criar humor a partir de eventos da atualidade. Esse tipo de sátira pode, eventualmente, não ser compreendido por algumas pessoas, que pensam que a mensagem é séria e a encaminham para seus contatos ou postam nas redes sociais. Procurem o significado da palavra "ironia" e exemplos de seu uso. A seguir, pesquisem exemplos de ironia associada a acontecimentos da atualidade que poderiam, eventualmente, ser considerados como notícias verdadeiras por pessoas desinformadas.

225

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Usando um fio metálico, uma lâmpada apropriada para acender com tensão elétrica de 1,5 V e uma pilha de 1,5 V foram feitas as montagens experimentais mostradas a seguir. Preveja em quais delas a lâmpada deve acender e justifique sua previsão.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ACERVO DA EDITORA

(Representações esquemáticas, em cores meramente ilustrativas.)

2. Para os casos da atividade anterior em que, segundo sua previsão, a lâmpada deve acender, elabore um esquema que mostre o trajeto dos elétrons na parte metálica do circuito elétrico externa à pilha.

3. (Enem) Os bafômetros (etilômetros) indicam a quantidade de álcool, C_2H_6O (etanol), presente no organismo de uma pessoa através do ar expirado por ele. Esses dispositivos utilizam células a combustível que funcionam de acordo com as reações químicas representadas:

(I) $C_2H_6O\,(g) \rightarrow C_2H_4O\,(g) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^-$

(II) $\frac{1}{2}\,O_2\,(g) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- \rightarrow H_2O\,(l)$

Fonte: BRAATHEN, P. C. Hálito culpado: o princípio químico do bafômetro. **Química Nova na Escola**, n. 5, maio 1997 (adaptado).

Na reação global de funcionamento do bafômetro, os reagentes e os produtos desse tipo de célula são

a. o álcool expirado como reagente; água, elétrons e H^+ como produtos.

b. o oxigênio do ar e H^+ como reagentes; água e elétrons como produtos.

c. apenas o oxigênio do ar como reagente; apenas os elétrons como produto.

d. apenas o álcool expirado como reagente; água, C_2H_4O e H^+ como produtos.

e. o oxigênio do ar e o álcool expirado como reagentes; água e C_2H_4O como produtos.

4. (Acafe–SC) Existe uma técnica de utilização de energia elétrica em automóveis que é muito promissora: a célula de combustível. Esta tecnologia consiste em utilizar hidrogênio para produzir eletricidade. O hidrogênio passa por membranas de platina, onde é dividido em elétrons e íons. É gerada uma diferença de potencial, obtendo-se assim energia elétrica. Os íons reagem posteriormente com oxigênio, formando água, o único detrito do processo, conforme equação a seguir.

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l) + \text{energia}$$

Nesse sentido, assinale a alternativa correta.

a. O oxigênio é reduzido no ânodo.

b. O hidrogênio é reduzido no ânodo.

c. O hidrogênio é oxidado no ânodo.

d. O oxigênio é oxidado no cátodo.

5. (Enem) O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.

ADILSON SECCO/ACERVO DA EDITORA

Fonte: VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. **Química Nova na Escola**, n. 15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

a. transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.

b. converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

c. transforma energia química em energia elétrica, porém, emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.

d. converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.

e. converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

Atividades finais

Atividades autorais, dos principais vestibulares e do Enem que exploram assuntos abordados no capítulo.

Ampliando os conhecimentos

Sugestões diversificadas de pesquisas, uso da tecnologia e leituras.

AMPLIANDO OS CONHECIMENTOS

Capítulo 1

MEIS, L. **O método científico**: como o saber mudou a vida do homem. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2005.
O livro, uma peça em um ato dividido em 20 cenas, conta de que modo surgiu a Ciência, descrevendo fatos importantes e temas como morte, fome, guerra, doenças, crendices etc.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos**: o passado, o presente e o futuro. 2. ed. atualizada. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica.)
O livro explora a evolução histórica da química, desde as práticas alquímicas até os avanços modernos.

Capítulo 2

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 38-44, 2004.
O texto traz o contexto histórico e os principais aspectos das teorias filosóficas que precederam a elaboração da Teoria Atômica de John Dalton.

Capítulo 3

ABDALLA, M. C. **Bohr**: o arquiteto do átomo. São Paulo: Odysseus, 2002. (Coleção Imortais da Ciência.)
A autora aborda a importância científica do desenvolvimento do modelo atômico proposto por Bohr e o impacto que ele teve na Física e na Química.

FERNANDES, L. S. Uma discussão sobre a descoberta do tecnécio à luz de alguns aspectos da natureza da Ciência. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 305-310, 2022.
No artigo, o autor perpassa aspectos importâncias da descoberta do elemento químico tecnécio, destacando esse episódio da história da ciência como um marco para o desenvolvimento da Tabela Periódica.

Capítulo 4

PIVETTA, M. Supostos supercondutores à temperatura ambiente não convencem críticos. **Revista FAPESP**. São Paulo, ed. 332, out. 2023.
A matéria apresenta pesquisas que buscam desenvolver materiais supercondutores à temperatura ambiente e discutem a falta de consenso que ainda existe entre os cientistas da área.

SACKS, O. **Tio Tungstênio**: memórias de uma infância química. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.
O autor relata lembranças de sua infância impregnada pelo contato com os metais e suas propriedades.

Capítulo 5

ATKINS, P.W. **Moléculas**. São Paulo: Edusp, 2006.
No livro são apresentadas 160 substâncias, seus modelos moleculares, suas aplicações, propriedades, ocorrências e importância no cotidiano.

SILVA, A. N.; FRISCO, F. C. A química do pão do fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 232-243, 2021.
O artigo apresenta a diversos aspectos históricos da fabricação dos pães de fermentação natural, desde os impactos na indústria alimentícia até na nossa relação com esse processo.

Capítulo 6

SANTOS FILHO, P.; RETONDO, C. G. **Química das Sensações**. 5. ed. Campinas: Átomo, 2022.
O livro discute as diversas sensações e percepções que temos sob a ótica da Química, especialmente, pelas interações intermoleculares.

SIMAS, N. *et al.* Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue: atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenoides e fenilpropanoides. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 46-49, 2004.
O artigo apresenta as fórmulas estruturais de várias substâncias orgânicas e sua atividade larvicida sobre o *Aedes aegypti* (eficiência para matar larvas do mosquito transmissor da dengue).

Capítulo 7

BERALDO, H. Contribuições da Química Inorgânica para a Química Medicinal. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 6, p. 4-6, 2005.
O artigo aborda algumas das contribuições da Química para a Medicina, como a descoberta de princípios ativos e o desenvolvimento de medicamentos, destacando alguns cientistas envolvidos nessas pesquisas.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 5-8, 2001.
Artigo que discute a variação da composição da atmosfera terrestre ao longo do tempo e a relação disso com o aparecimento e o desenvolvimento da vida.

Capítulo 8

MIODOWNIK, M. **Líquido**: as substâncias encantadoras e perigosas que fluem através de nossas vidas. São Paulo: Blucher, 1. ed., 2021.
Nesse livro, o autor apresenta as diversas substâncias encontradas em estado líquido no nosso cotidiano, desde sabonetes até telas de cristal líquido.

MOON, P. Poluição por metais pesados atinge vida marinha remota, mostra estudo. **Jornal da USP**, São Paulo, 16 mar. 2018.
A matéria apresenta o estudo de um brasileiro que identificou metais pesados em águas distantes da costa terrestre e que afetam a vida marinha.

Capítulo 9

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010.
Livro da bióloga e ambientalista Rachel Carson, publicado originalmente na década de 1960 e considerado um marco no que tange às obras que visam a conscientização da sociedade acerca de problemas ambientais.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1016-1020, 2004.
Artigo que discute a solubilidade de nitratos em água, com foco na termodinâmica e nas propriedades do íon nitrato.

Capítulo 10

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C. Mol: uma nova terminologia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 12-14, 1995.
O artigo apresenta expressões corretas ao conceito de mol, cujo uso é recomendado, e outras cujo uso não é recomendado por serem ambíguas ou induzirem a erros conceituais.

Capítulo 11

GREENBERG, A. **Uma breve história da Química**: da alquimia às Ciências Moleculares modernas. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.
As seções IV e V desse livro de História da Química relatam uma série de eventos referentes às contribuições de muitos cientistas que culminaram com o desenvolvimento da teoria atômica de Dalton.

KISFALUDY, A. B. S.; QUEIRÓS, W. P. Gay-Lussac (1778-1850) e sua contribuição para o estudo dos gases. **História da Ciência e Ensino**, v. 22, p. 124-147, 2020.
O artigo apresenta, de modo geral, as bases para o desenvolvimento das teorias sobre os gases no início do século XIX.

Capítulo 12

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de *pH*: usar papel ou solução? **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 684-688, 2002.
No artigo, as autoras utilizam extratos de algumas frutas, como amora, jaboticaba e uva, para produzir indicadores de *pH* na forma de solução e papel, comparando as diferentes escalas de cores entre si.

Capítulo 13

CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M. De olho nos rótulos: compreendendo a unidade caloria. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 21, p. 10-13, 2005.
O artigo discute aspectos relacionados à leitura dos rótulos de alimentos no que diz respeito à unidade caloria.

SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo n. 23, p. 27-31, 2006.
O texto apresenta as regras e o material necessário para construir um jogo de tabuleiro para aprendizagem de conceitos relacionados à Termoquímica.

ODS Indica conteúdos e atividades que se relacionam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

TCT Indica conteúdos e atividades relacionados aos Temas Contemporâneos Transversais.

OBJETO DIGITAL Indica recursos disponíveis no livro digital.

Indica atenção e cuidados em algumas situações de atividades práticas.

0,18 µm — A barra de escala indica a proporção entre o tamanho real da estrutura mostrada e o tamanho na imagem do livro.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Você já ouviu falar da **Agenda 2030**? Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou os **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**, com metas desafiadoras para acabar com a pobreza até 2030 e buscar um futuro sustentável para todos. Esses objetivos formam a base da chamada Agenda 2030.

Os 193 países que assinaram o documento, incluindo o Brasil, comprometeram-se a implementar esse plano de ação global, que envolve governos, empresas, instituições e sociedade civil. O monitoramento e a avaliação da agenda são fundamentais nos níveis global, nacional e regional, exigindo cooperação e engajamento de todos os setores da sociedade.

A seguir, apresentamos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

ODS 1

ERRADICAÇÃO DA POBREZA

Acabar com a pobreza em todas as formas e em todos os lugares.

ODS 2

FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável.

ODS 3

SAÚDE E BEM-ESTAR

Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

ODS 4

EDUCAÇÃO DE QUALIDADE

Garantir educação inclusiva, de qualidade e equitativa, promovendo aprendizado contínuo para todos.

ODS 5

IGUALDADE DE GÊNERO

Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

ODS 6

ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO

Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos.

ODS 7

ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

Garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas para todos.

ODS 8

TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO

Promover crescimento econômico inclusivo e sustentável, com emprego pleno e trabalho digno para todos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RELEITURA DOS ÍCONES DA ONU POR VINICIUS ROSSIGNOL FELIPE

ODS 9

INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA

Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

ODS 10

REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES

Reduzir as desigualdades no interior dos países e entre países.

ODS 11

CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.

ODS 12

CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS

Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis.

ODS 13

AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA

Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos.

ODS 14

VIDA NA ÁGUA

Conservar e usar de forma responsável os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

ODS 15

VIDA TERRESTRE

Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerindo florestas, combatendo a desertificação, revertendo a degradação dos solos e preservando a biodiversidade.

ODS 16

PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES

Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, garantindo o acesso à justiça e construindo instituições eficazes e responsáveis em todos os níveis.

ODS 17

PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 22 set. 2024.

Neste livro, você encontrará indicações dos ODS quando houver propostas, temas ou conceitos com os quais eles podem estar relacionados.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RELEITURA DOS ÍCONES DA ONU POR VINICIUS ROSSIGNOL FELIPE

SUMÁRIO

UNIDADE 1 ELEMENTOS, SUBSTÂNCIAS E INTERAÇÕES 13

CAPÍTULO 1 Conceitos introdutórios à Química 13
1. Aprender Química para o exercício da cidadania 14
2. Os vários aspectos da Química 15
- Em destaque Os saberes científicos são provisórios e têm uma história 17
3. Alguns aspectos metodológicos da Ciência 18
- Em destaque Relatório de atividade prática e artigo científico 20
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Visão geral da educação midiática 22
4. Mudanças de fase da água 23
5. Temperaturas de fusão e de ebulição 24
6. Massa e unidades para expressá-la 26
- Em destaque Conversão de unidades de massa 27
7. Volume e unidades para expressá-lo 28
- Em destaque Conversão de unidades de volume 28
8. Densidade 30
- Em destaque Densidade envolve proporcionalidade direta entre massa e volume 31
- ESTRATÉGIA DE ESTUDO Interpretação de gráficos 33
- Atividade prática O estouro da pipoca 34
- Atividades finais 35

CAPÍTULO 2 Elementos químicos e substâncias químicas 36
1. Substâncias químicas e misturas 37
- Em destaque Conheça algumas terminologias muito usadas 37
- Atividade prática Efervescência 38
2. Reação (transformação) química 38
3. Substâncias simples e substâncias compostas 42
- Atividade prática Reação de decomposição 43
4. A teoria atômica de Dalton 43
- Em destaque Bactérias, vírus, moléculas e átomos: noções sobre o tamanho das coisas pequenas 44
5. Símbolos e fórmulas 46
- Em destaque Diferença entre Ciência e pseudociência 50
6. Equação química 51
- Em destaque Muitas coisas custam mais do que pensamos 53
- MUNDO DO TRABALHO Juventudes, consumo e vida profissional 54
- Atividades finais 55

CAPÍTULO 3 Modelos atômicos e tabela periódica 56
1. Átomos e a natureza elétrica da matéria 57
2. Elemento químico se caracteriza por número atômico 59
- Em destaque Comunidades Quilombolas 61
3. A tabela periódica 63
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Engajando-se contra a misoginia 65
- Em destaque Selecionando fontes confiáveis de informação 66
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Fragilidades argumentativas 67
4. Isótopos 69
- Em destaque Um novo elemento químico na ficção 70
5. Modelo atômico de Bohr 71
6. Distribuição eletrônica nas camadas 73
7. Modelo atômico mecânico-quântico 75
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Interpretação crítica de conteúdos da mídia 76
- Atividades finais 77

CAPÍTULO 4 Ligações químicas interatômicas 78
1. Gases nobres e regra do octeto 79
2. Eletronegatividade 79
3. Ligação iônica 80
- ESTRATÉGIA DE ESTUDO Leitura inferencial 83
4. Ligação covalente 84
5. Pensamento computacional, algoritmos e fluxogramas em Química 87
6. Ligação metálica 90
7. Influência das ligações interatômicas em algumas propriedades físicas das substâncias 92
- Atividades finais 94

CAPÍTULO 5 Fundamentos dos compostos orgânicos 95
- Em destaque Você conhece o Acarajé? 96
1. Representações de moléculas orgânicas 97
2. Cadeia carbônica 100
3. Anel benzênico 102
4. Atributos das cadeias carbônicas 104
- ESTRATÉGIA DE ESTUDO Fichamento de conteúdos 105
5. Estereoquímica do carbono saturado 106
6. Polímeros 108
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Produzindo vídeos 110
- Atividades finais 111

CAPÍTULO 6 Geometria molecular e interações intermoleculares 112
1. Geometria molecular 113
- Em destaque Estrutura tridimensional de biomoléculas 115
2. Polaridade de ligações 118
3. Polaridade de moléculas 119
4. Polaridade e solubilidade 120
- MUNDO DO TRABALHO Empreendedorismo 122
5. Interações intermoleculares 123
6. Efeitos de interações intermoleculares 126
- Em destaque Interações intermoleculares na farmacologia 128
7. Interações intermoleculares e vaporização 130
- ESTRATÉGIA DE ESTUDO Organização de lista de tópicos 132
- Atividades finais 133

CAPÍTULO 7 Compostos inorgânicos 135
- Atividade prática Indicadores ácido-base 136
1. Dissociação iônica e ionização 136
2. Algumas propriedades de ácidos e bases 139
3. Ácidos 141
4. Bases 142
5. A escala de *pH* 144
6. Neutralização ácido-base e sais 146
7. Óxidos 150

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- **MUNDO DO TRABALHO** Igualdade de gênero no trabalho ... 152
- **Atividades finais** ... 153

CAPÍTULO 8 Soluções aquosas ... **155**
1. Aspectos introdutórios ... 156
- **Em destaque** Preparo de soluções aquosas ... 157
2. Soluções e interações intermoleculares ... 158
3. Concentração de uma solução ... 160
- **Atividade prática** Densidade de soluções ... 161
4. Título e porcentagem ... 163
- **Em destaque** Uma solução aquosa para desinfetar esfolados ... 164
5. Partes por milhão, em massa e em volume ... 166
6. Diluição de soluções ... 168
- **Atividades finais** ... 170

UNIDADE 2 TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E ASPECTOS QUANTITATIVOS ... **172**

CAPÍTULO 9 Solubilidade e precipitação ... **172**
1. Solubilidade e curva de solubilidade ... 173
2. Precipitação de compostos iônicos inorgânicos ... 176
3. Solubilidade de compostos orgânicos ... 179
- **Em destaque** Vitaminas hidrossolúveis e vitaminas lipossolúveis ... 180
- **Atividade prática** Movimento provocado por um agente tensoativo ... 182
- **Em destaque** Detergentes catiônicos ... 182
- **Em destaque** PCBs e DDT: poluentes lipossolúveis persistentes no ambiente ... 184
- **EDUCAÇÃO MIDIÁTICA** *Podcast*: informação quando e onde quiser ... 185
- **Atividades finais** ... 188

CAPÍTULO 10 Quantidade de matéria e mol ... **189**
1. Massa atômica ... 190
2. Massa molecular, massa de um íon e massa fórmula ... 192
3. Mol e constante de Avogadro ... 193
4. Massa molar e quantidade de matéria ... 194
- **Em destaque** Estimando quantas vezes o ATP é reciclado diariamente ... 195
- **ESTRATÉGIA DE ESTUDO** Mapas mentais ... 198
- **MUNDO DO TRABALHO** Vamos refletir sobre vida profissional? ... 199
5. Porcentagem em massa de um elemento ... 200
- **Atividades finais** ... 201

CAPÍTULO 11 Proporção nas reações químicas: estequiometria ... **203**
1. Relações estequiométricas fundamentais ... 204
- **Em destaque** Toda equação química corretamente balanceada pode ser interpretada estequiometricamente ... 206
2. Relação estequiométrica envolvendo volume gasoso ... 207
3. Excesso de reagente ... 210
4. Reações sucessivas, pureza e rendimento ... 211
- **ESTRATÉGIA DE ESTUDO** Mapas conceituais ... 215
- **MUNDO DO TRABALHO** Atuação profissional e Ciências da Natureza ... 216
- **Atividades finais** ... 217

CAPÍTULO 12 Quantificação de espécies em solução ... **218**
1. Concentração em quantidade de matéria ... 219
- **Em destaque** Um exemplo numérico envolvendo concentração em quantidade de matéria ... 220
2. Concentração de cátions e ânions em solução ... 222
- **Em destaque** Importância de íons para a saúde humana ... 222
- **EDUCAÇÃO MIDIÁTICA** Desinformação e notícias falsas ... 225
3. Cálculos estequiométricos com solutos ... 226
- **Atividades finais** ... 229

CAPÍTULO 13 Termoquímica, petróleo e combustíveis ... **231**
- **Em destaque** Povos originários ... 232
1. Processos: exotérmicos e endotérmicos ... 234
- **Em destaque** Conservação da energia: um importante princípio da Física ... 237
- **Atividade prática** Transferência de calor em dois fenômenos ... 238
2. Variação de entalpia-padrão e lei de Hess ... 239
3. Entalpia-padrão de combustão ... 240
- **Em destaque** Uma reação química na ficção ... 242
4. Petróleo ... 243
- **EDUCAÇÃO MIDIÁTICA** Negacionismo ... 247
5. Entalpia-padrão de formação ... 249
- **Em destaque** Conteúdo calórico, nutrição adequada e saúde ... 251
- **Atividades finais** ... 252

CAPÍTULO 14 Cinética química ... **254**
1. Rapidez média (consumo/formação) ... 255
2. Concentração e rapidez de reação ... 258
3. Temperatura e rapidez de reação ... 259
4. Superfície de contato e rapidez de reação ... 263
- **Em destaque** Envelhecimento ativo com dignidade ... 264
5. Catalisador e rapidez de reação ... 265
6. Destruição da camada de ozônio ... 267
7. Conservação de alimentos ... 268
- **Atividades finais** ... 272

CAPÍTULO 15 Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico ... **274**
1. Equilíbrio dinâmico ... 275
2. Equilíbrio químico ... 276
3. Constante de equilíbrio ... 278
4. Outros aspectos conceituais dos equilíbrios ... 281
5. Deslocamento de equilíbrio por variação da concentração de um participante ... 284
- **Em destaque** Desconforto à altitude e deslocamento de equilíbrio ... 285
6. Deslocamento de equilíbrio por variação mecânica da pressão ... 286
7. Deslocamento de equilíbrio por variação de temperatura ... 287
8. Princípio de Le Chatelier ... 289
- **Em destaque** Povos do campo ... 291
- **Atividades finais** ... 292

CAPÍTULO 16 Acidez e basicidade de soluções aquosas ... **294**
1. Autoionização da água ... 295
2. Escala de *pH* e escala de *pOH* ... 297
3. Indicadores ácido-base ... 299
4. Solubilidade de gases em água ... 300
- **ESTRATÉGIA DE ESTUDO** Construções comuns em textos científicos ... 302
- **Em destaque** Recifes de coral e dióxido de carbono dissolvido nos oceanos ... 303
5. Solução-tampão ... 305
- **EDUCAÇÃO MIDIÁTICA** **Curadoria de conteúdos** ... 306
- **Atividades finais** ... 307

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 3 OUTROS CONTEXTOS DE APLICAÇÃO DA QUÍMICA ... 309

CAPÍTULO 17 Pilhas e baterias (celas galvânicas) ... 309
1. Diferença de potencial nos polos de uma pilha ... 310
2. Oxidação e redução ... 311
3. Pilha de Daniell ... 312
4. Nomenclatura das semicelas galvânicas ... 314
5. Potencial-padrão de semicela ... 315
- Em destaque Células galvânicas a combustível ... 317
- ESTRATÉGIA DE ESTUDO Pesquisando em diversas fontes ... 318
- Atividade prática Pilhas de limão em série ... 320
- MUNDO DO TRABALHO Que rumos o trabalho tomará? ... 321
- Atividades finais ... 322

CAPÍTULO 18 Oxidantes e redutores ... 323
1. Equacionamento de semirreações ... 324
2. Agente oxidante e agente redutor ... 326
3. Número de oxidação ... 327
4. Número de oxidação e oxirredução ... 330
- Atividade prática Tinta invisível ... 332
- Em destaque Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ... 333
5. Força de oxidantes e redutores ... 334
6. Corrosão de metais ... 335
- Atividades finais ... 337

CAPÍTULO 19 Eletrólise ... 338
1. Conceito de eletrólise ... 339
2. Eletrólise ígnea ... 339
3. Eletrólise aquosa ... 341
4. Aplicações da eletrólise ... 343
5. Metalurgia ... 344
- Atividades finais ... 345

CAPÍTULO 20 Classes funcionais orgânicas ... 346
1. Hidrocarbonetos ... 347
2. Álcoois ... 350
3. Aldeídos ... 354
4. Cetonas ... 354
5. Ácidos carboxílicos ... 356
6. Ésteres ... 357
7. Principais classes funcionais orgânicas ... 359
- ESTRATÉGIA DE ESTUDO *Flashcards* ... 361
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Viés algorítmico ... 363
- Atividades finais ... 365

CAPÍTULO 21 Isomeria ... 367
1. Isomeria constitucional ... 368
2. Isomeria geométrica ... 370
- Em destaque O caso do feromônio da broca europeia do milho ... 373
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA A escolha de palavras pode não ser neutra ... 374
3. Isomeria óptica ... 375
- Em destaque Fármacos quirais ... 380
- Atividades finais ... 382

CAPÍTULO 22 Biomoléculas ... 383
1. Triacilgliceróis ... 384
- Em destaque Gordura *trans* ... 386
2. Aminoácidos e proteínas ... 387
3. Caráter anfótero de aminoácidos ... 389
- Em destaque Serotonina e depressão ... 392
4. Carboidratos ... 395
5. Ácidos nucleicos ... 398
- EDUCAÇÃO MIDIÁTICA Mulheres na Ciência ... 399
- Atividades finais ... 400

CAPÍTULO 23 Radioatividade e origem dos elementos químicos ... 402
1. Decaimentos alfa, beta e gama ... 403
2. Cinética dos decaimentos radioativos ... 404
3. Transmutação nuclear ... 406
4. Algumas aplicações da radioatividade ... 408
5. Usinas nucleares e bombas atômicas ... 410
6. Estrelas e bombas de hidrogênio ... 413
- Em destaque Controvérsias sobre o uso das tecnologias nucleares ... 414
- Em destaque Radioatividade na ficção ... 415
7. Formação de elementos químicos por fusão nuclear ... 416
8. Curva de energia de ligação por núcleon ... 417
9. Formação de elementos químicos por outros processos ... 419
- Atividades finais ... 422

CAPÍTULO 24 Nanotecnologia ... 424
1. O que é nanotecnologia ... 425
2. Área superficial de nanomateriais ... 426
3. Pontos quânticos ... 427
4. Microscopia e nanocaracterização ... 428
5. Aplicações da nanotecnologia ... 429
- MUNDO DO TRABALHO Plataformização do trabalho ... 432
6. Segurança e nanotecnologia ... 433
- Atividades finais ... 434

RESPOSTAS ÀS ATIVIDADES QUE ENVOLVEM CÁLCULO ... 435

AMPLIANDO OS CONHECIMENTOS ... 443

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS ... 445

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS (IUPAC) ... 448

SUMÁRIO DOS OBJETOS DIGITAIS

Podcast: Química... por quê? ... 14
Mapa clicável: Acesso à água potável no Brasil ... 37
Podcast: Uma nova tabela periódica ... 63
Carrossel de imagens: Ativismo nas redes ... 65
Vídeo: A química de alguns aromas ... 104
Vídeo: Polímeros, plásticos e sustentabilidade ... 108
Infográfico clicável: Pigmentos na arte rupestre ... 135
Carrossel de imagens: Concentração de soluções na culinária ... 160
Infográfico clicável: Um brilho na escuridão ... 240
Podcast: Breve história dos métodos de conservação de alimentos ... 268
Mapa clicável: Substâncias metálicas no Brasil ... 344
Vídeo: Ácidos orgânicos no cotidiano ... 356
Podcast: Algoritmos das redes sociais ... 363
Vídeo: Legados científicos para a vida ... 383
Carrossel de imagens: Mulheres negras na ciência ... 399
Infográfico clicável: Origem dos elementos químicos no Universo ... 416
Infográfico clicável: Nanotecnologia na agricultura ... 430

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 1 ELEMENTOS, SUBSTÂNCIAS E INTERAÇÕES

CAPÍTULO 1

Conceitos introdutórios à Química

IAROSHENKO MARYNA/SHUTTERSTOCK

Você já se perguntou por que a pipoca estoura? Neste capítulo, trabalhando em equipe, você e seus colegas poderão descobrir a resposta.

A atividade dos cientistas inclui metodologias características. Às vezes, aplicamos procedimentos característicos da Ciência sem nos darmos conta. Isso pode acontecer, por exemplo, quando analisamos acontecimentos como o estouro da pipoca. Em um primeiro momento, podemos nos perguntar "por que a pipoca estoura?". Diante disso, levantamos hipóteses para explicar esse fenômeno.

Depois de levantar uma hipótese, realizamos ações para comprovar sua validade. Nesse caso, podemos estourar a pipoca variando parâmetros como a quantidade de óleo e a intensidade da chama. Se as ações confirmarem a hipótese, a pergunta é respondida. Caso contrário, é necessário propor novas hipóteses e verificar se elas respondem à pergunta.

Neste capítulo, você e seus colegas utilizarão algumas formas científicas de abordar um problema para descobrir por que o milho estoura e se transforma em pipoca quando submetido a determinadas condições. Ao fazerem isso, praticarão procedimentos da Ciência!

O capítulo começa com uma apresentação geral da Química e um breve panorama de sua história. A seguir, comenta alguns aspectos metodológicos das Ciências da Natureza e prossegue com o estudo de algumas propriedades das substâncias: temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade. Esses conhecimentos serão importantes para investigar o estouro da pipoca.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Aprender Química para o exercício da cidadania

OBJETO DIGITAL
***Podcast*: Química... por quê?**

Imagine que, nos sacos de papel usados para embalar alimentos produzidos por uma padaria, apareça a inscrição: "pão sem química". Pode até ser que, para algumas pessoas, esses dizeres transmitam a ideia de um pão isento de substâncias prejudiciais à saúde. Essa frase, contudo, é totalmente incorreta, porque na produção do pão utiliza-se farinha de trigo como matéria-prima, e o que ocorre é que parte da farinha passa por uma reação química (denominada **fermentação**). Desse modo, mesmo sem saber Química, o padeiro executa, todos os dias, essa reação.

Ao utilizar a expressão "pão sem química", uma pessoa revela desconhecer que:

- todos os materiais, objetos e produtos existentes (incluindo os pães) são constituídos de substâncias químicas;
- a Química não é um objeto e, portanto, não pode ser colocada em um pão. A Química é uma ciência, ou seja, um ramo do conhecimento humano que visa compreender melhor alguns fenômenos que ocorrem na natureza e/ou em um laboratório, estudando-os com uma linha organizada de trabalho;
- ao fazer o pão, o padeiro utiliza transformações químicas (reações químicas).

Assim, aquilo que é erroneamente denominado "pão sem química" é, na verdade, um pão obtido a partir de substâncias e reações químicas, mas sem a adição de substâncias que possam ser nocivas à saúde.

Analogamente, frases como "remédios contêm muita química", "alimentos enlatados fazem mal porque os fabricantes adicionam muita química" ou "aquela piscina tem um sistema de tratamento totalmente isento de química" também estão incorretamente elaboradas, pois confundem uma importante ciência com substâncias tóxicas ou com produtos e processos danosos ao ser humano.

Em nosso dia a dia, é frequente encontrarmos indicações de substâncias químicas nas embalagens de alimentos, nos frascos de cosméticos, nos rótulos de produtos de limpeza, nas etiquetas de roupas, nas caixas e bulas de remédios e em tantos outros objetos.

Da imensa variedade de produtos colocados à venda, a maioria deles, senão todos, provém de indústrias químicas ou, então, entrou em contato durante sua manufatura com produtos delas provenientes (por exemplo, sabões, detergentes, medicamentos, cremes dentais, cosméticos, plásticos, borrachas, metais, papéis, colas, tintas, combustíveis, sais, açúcares, vinagres, aditivos alimentares, refrigerantes, fibras têxteis, pilhas e baterias). Virtualmente, tudo o que encontramos à venda se relaciona de alguma forma com a indústria química. O produto usado nas embalagens – papel, plástico, vidro ou metal – e a tinta nelas utilizadas são obtidos por meio de processos químicos. Itens empregados na construção de casas, prédios, automóveis, aviões, embarcações, computadores e eletrodomésticos constituem outros exemplos de materiais que se relacionam com as indústrias de processos químicos, nas suas mais diferentes modalidades e especialidades. Os medicamentos são substâncias químicas devidamente estudadas e longamente testadas, extraídas da natureza ou fabricadas artificialmente, purificadas, dosadas e comercializadas.

Do mesmo modo que substâncias químicas podem contribuir para o bem-estar da humanidade, elas também podem – se usadas incorretamente (por ignorância, incompetência, ou ganância) – acarretar doenças, poluição e desequilíbrios ecológicos.

Assim, apesar de toda a importância dessa ciência e de suas aplicações, há muita confusão no que diz respeito à palavra "química". É comum ouvirmos seu nome sendo usado impropriamente como sinônimo de "substâncias tóxicas", "veneno" ou "poluição".

Aprender Química é se envolver num estudo das substâncias presentes ao nosso redor, analisando de onde vêm, quais suas propriedades, que utilidades possuem e quais as vantagens ou os problemas que eventualmente podem trazer à humanidade. Um cidadão participativo e capaz de tomar as melhores decisões para si e para sua comunidade precisa, entre outras coisas, ter noções claras sobre Ciência e Tecnologia. Assim, dominar os conceitos científicos e compreender os fenômenos que nos rodeiam é uma importante condição para o exercício da cidadania.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Os vários aspectos da Química

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Neste livro, você encontrará indicações dos Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) quando forem trabalhados assuntos relacionados a eles.

Algumas áreas de atuação da Química

A **Química** é uma ciência que inclui o estudo das substâncias, naturais ou artificiais, visando ao conhecimento de sua constituição, de suas propriedades, de suas transformações e da maneira como se formam, tanto em processos naturais quanto em laboratórios ou indústrias.

A Química inclui áreas como **Química Inorgânica, Química Orgânica**, **Físico-Química** e **Química Analítica**, e cada uma apresenta objetivos específicos. A Química Analítica, por exemplo, utiliza métodos fundamentados em conhecimentos químicos, físicos e biológicos para determinar a composição e a qualidade de alimentos, medicamentos, matérias-primas e também da atmosfera, das águas, das rochas e dos solos.

Desde o início do século XX, a atuação da Química foi fortemente influenciada por avanços da Física Moderna, originando novas frentes de pesquisa e aprimorando outras. Podemos mencionar, por exemplo, pesquisa de materiais de interesse da sociedade (ligas, cerâmicas, polímeros, nanomateriais etc.), o desenvolvimento de novos fármacos (substâncias com atuação medicamentosa) e de métodos para monitoramento dos ambientes, controle da poluição, garantia da qualidade de alimentos e reciclagem de materiais (Fig. 1). A nanotecnologia, por exemplo, é um ramo da atividade tecnológica que utiliza Ciências da Natureza e Engenharia na modificação da estrutura dos materiais com propósitos tecnológicos. A escala de tamanho com a qual trabalha a nanotecnologia situa-se geralmente entre 1 e 100 nanômetros (um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro) (Fig. 2).

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. Algumas áreas de pesquisa em Química, representadas em amarelo, e alguns campos de aplicação tecnológica dessas áreas, representados em verde.

KLAUS-DIETMAR GABBERT/ DPA PICTURE-ALLIANCE/AFP

Figura 2. Pesquisadora de nanotecnologia trabalhando em um ambiente denominado sala limpa, no qual se usam protocolos para impedir que partículas de poeira interfiram nos resultados. (Alemanha, 2023.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A Química possui linguagem própria

Diversos ramos do conhecimento humano, por vezes, servem-se de códigos para expressar as ideias de maneira concisa.

A Química, assim como a Música, a Computação e a Eletrônica (apenas para citar alguns exemplos), utiliza-se de representações que podem ser entendidas por qualquer pessoa familiarizada com elas. Ao longo de seus estudos de Química, você adquirirá informações que lhe permitirão entender essa linguagem. Em breve, fará leituras do tipo:

Em equação: $C\,(graf.) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g)$

Em palavras: Carbono grafite reage com gás oxigênio produzindo gás carbônico.

Uma sonata para piano escrita por Mozart (compositor austríaco) pode ser entendida e interpretada tanto por um pianista chinês quanto por um brasileiro porque a linguagem das partituras musicais é universal. O mesmo acontece com a linguagem química. Isso é importantíssimo no que diz respeito à comunicação científica ao redor do mundo.

O caráter experimental da Química

Assim como acontece com as outras Ciências da Natureza (Física, Biologia etc.), a Química baseia-se na observação de acontecimentos (fenômenos) da natureza, além de envolver execução de experimentos em laboratório e a cuidadosa observação e interpretação dos resultados.

Quando um cientista realiza experimentos e obtém resultados importantes, geralmente ele os publica em revistas especializadas de circulação internacional. Sua descrição deve ser precisa o suficiente para que outros cientistas possam reproduzir tais experimentos para conferir os resultados. Caso contrário, suas conclusões não serão aceitas pela comunidade científica. Assim, uma preocupação importante relacionada com os experimentos é a sua **reprodutibilidade**.

O caráter puro e aplicado da Química

Uma pesquisa química pode estar voltada apenas para o melhor entendimento de algum fato da natureza; nesse caso, temos uma **pesquisa pura**. Por outro lado, ela pode estar focada em resolver um problema prático, tratando-se, então, de uma **pesquisa aplicada** (Figura 3).

RICHARD LURIA/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

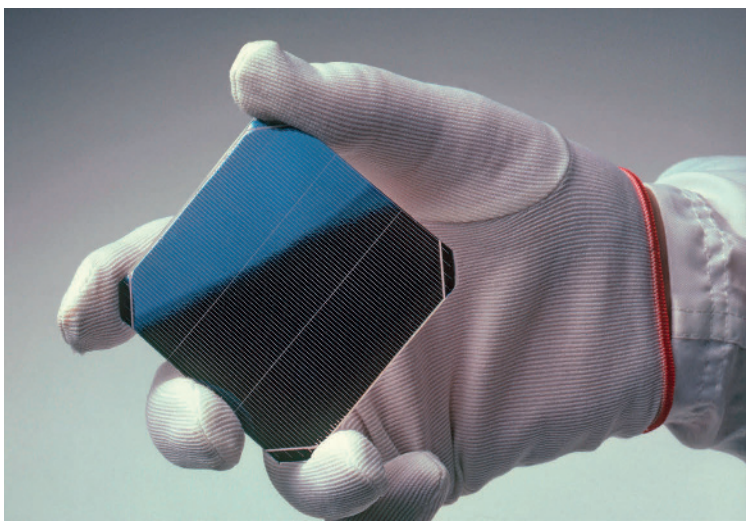


Figura 3. A pesquisa pura permitiu a descoberta do elemento químico silício. A pesquisa aplicada possibilitou que, com ele, fossem produzidas as modernas células fotovoltaicas, como a da foto. Tais dispositivos convertem energia luminosa em energia elétrica e já são largamente usados em calculadoras portáteis.

Os conhecimentos adquiridos na pesquisa pura auxiliam os cientistas nas pesquisas aplicadas. Foi o que aconteceu, por exemplo, com José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), estadista do período imperial do Brasil. Ele atuou também como geólogo e descreveu doze novos minerais. Em dois deles – a petalita e o espodumênio – o sueco Johan August Arfvedson (1792-1841) descobriu, em 1817, um novo elemento químico: o lítio.

A pesquisa pura realizada por ambos, que propiciou a descoberta do lítio, permitiu que hoje esse elemento químico seja empregado em baterias, produtos cerâmicos, esmaltes e lubrificantes.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O caráter interdisciplinar da Química

No decorrer de seus estudos de Química, você perceberá que, muitas vezes, essa ciência utiliza conceitos de outras áreas, como a Matemática, a Física e a Biologia.

A Computação também auxilia muito a Química. Os computadores são uma importantíssima ferramenta, tanto para a execução de cálculos e a realização de simulações de situações reais quanto para a organização da imensa quantidade de informações sobre compostos químicos e reações químicas que surge todos os anos.

Ao se aliar à Engenharia, a Química tem propiciado a elaboração de novos materiais, por exemplo, as cerâmicas que suportam altas temperaturas, os plásticos altamente resistentes e os materiais supercondutores. A Medicina, talvez a mais antiga das ciências associadas à Química, é uma das maiores beneficiadas com os modernos avanços dessa área. Anualmente, são descobertas novas substâncias que têm ação terapêutica e podem vir a ser utilizadas como medicamentos.

Todas as aplicações que mencionamos representam apenas parte do que existe em termos de avanço científico e tecnológico ligado à Química. Nenhum progresso, contudo, seria possível em tais campos se os conceitos básicos da Química não fossem bem compreendidos. São esses conceitos, que discutiremos ao longo de seus estudos de Química, que formam o alicerce de todo o conhecimento químico atual. Embora sejam conhecimentos básicos, você perceberá a grande diversidade de aplicações práticas que eles possuem.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

Os saberes científicos são provisórios e têm uma história

Existe uma visão distorcida da Ciência, frequentemente mostrada e reforçada em alguns filmes e livros, segundo a qual os grandes progressos da Ciência se deveriam a alguns poucos indivíduos excepcionais que têm inspirações súbitas e geniais.

Pois saiba que essa visão distorcida **não** corresponde nem de perto ao modo como a produção científica acontece no mundo real.

A Ciência é uma construção **coletiva** e **dinâmica**. O conhecimento científico evolui graças à atividade de uma grande comunidade formada por indivíduos que atuam em todo o mundo.

Os saberes científicos não são estáticos, finalizados ou imutáveis. Ao contrário, são considerados **permanentemente provisórios**, pois novos questionamentos, novos resultados experimentais e novas maneiras de interpretar as observações e de formular ideias surgem continuamente, fazendo com que as ideias científicas precisem ser reavaliadas, aprimoradas ou substituídas.

A história da Química é repleta de exemplos de que o fazer científico avança de maneira **coletiva**.

Nos séculos XX e XXI, por exemplo, com o trabalho de grande número de pesquisadores ao redor do mundo, aliado a diversos avanços tecnológicos, houve considerável evolução do conhecimento químico. O átomo teve sua estrutura interna pesquisada, substâncias químicas artificiais foram sintetizadas e modernas técnicas de investigação foram desenvolvidas. Materiais sintéticos inovadores foram criados e aplicações químicas em novos diagnósticos e tratamentos médicos proliferaram, apenas para citar alguns poucos exemplos.

As pesquisas em Química pura e em Química aplicada prosseguem continuamente, já que a atividade científica é dinâmica e os conhecimentos científicos estão sempre sujeitos a reinterpretações e eventuais modificações.

Agora, tendo em mente que a produção científica é coletiva e que os saberes científicos são construídos ao longo do tempo, ou seja, que **a Ciência têm uma história**, realize as atividades propostas a seguir.

1. Escolha um conceito científico ou uma descoberta científica que tenha estudado no Ensino Fundamental ou que seja de seu interesse. Pesquise a **história desse conceito ou dessa descoberta**, dedicando especial atenção à **importância da coletividade** e da troca de ideias nesse avanço científico. Resuma os resultados de sua pesquisa em um texto de aproximadamente meia página de caderno.
2. Na pesquisa científica, é comum que cientistas com interesses semelhantes se associem em **grupos de pesquisa**. Às vezes, esses grupos não se restringem a uma única universidade ou a um único centro de pesquisa, pois parcerias podem ser estabelecidas com cientistas de outras cidades ou outros países. Além disso, um mesmo pesquisador pode pertencer a mais de um grupo de pesquisa, caso sua linha de trabalho envolva interesses compartilhados com esses grupos. Pesquise alguns grupos de pesquisa científica que existem em uma **universidade ou centro de pesquisa da sua região** e quais são as **áreas de interesse** desses grupos. Faça um breve resumo para expor aos seus colegas, em sala de aula.

3. Alguns aspectos metodológicos da Ciência

Este assunto também é trabalhado no Capítulo 1 de Física e no Capítulo 1 de Biologia desta coleção.

A pesquisa científica emprega metodologias, protocolos e linhas de raciocínio que podem variar conforme as especificidades da área de atuação e do objeto em estudo. Existem, contudo, algumas terminologias que estão presentes em todas as Ciências da Natureza. Vamos agora, em linhas gerais, comentar o significado dessas terminologias.

Um cientista decidido a atuar em qualquer ramo das Ciências da Natureza precisa, antes de mais nada, estudar o que já se descobriu a respeito do assunto escolhido. A partir daí, deve decidir qual problema investigará e elaborar uma **hipótese** acerca da resposta desse problema. Uma hipótese científica é uma proposta de explicação fundamentada em conhecimentos previamente existentes no repertório da Ciência e também em conjecturas, isto é, suposições consideradas prováveis.

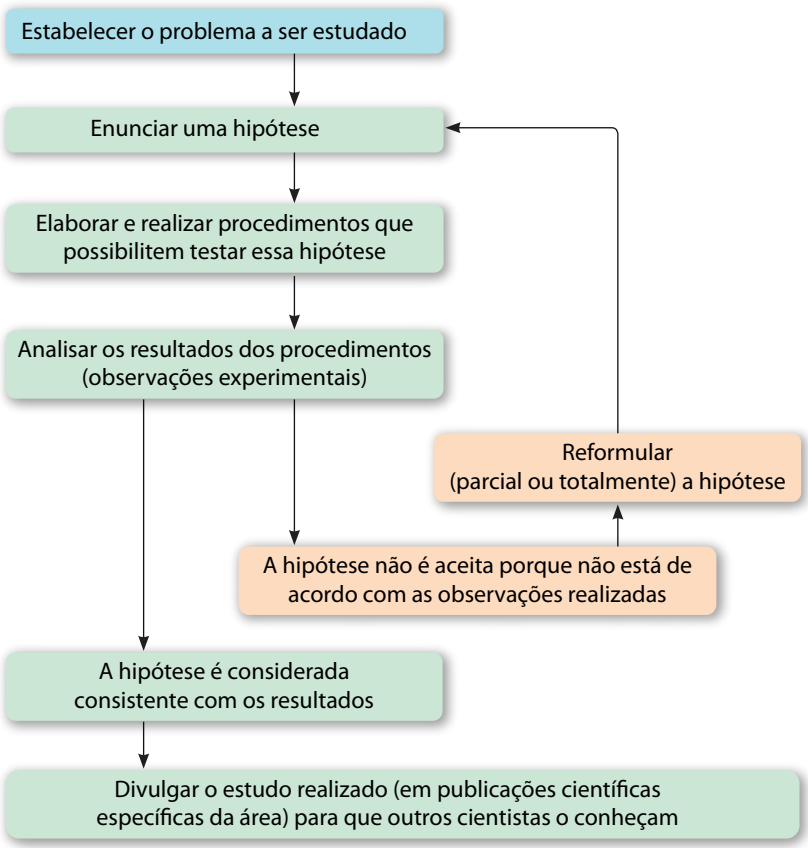
A seguir, o cientista deve realizar procedimentos que lhe permitirão executar **observações experimentais** para testar a hipótese elaborada. Essas observações podem ser de dois tipos:

- **qualitativas**: aquelas que não envolvem dados numéricos;
- **quantitativas**: as que provêm de medidas, obtidas com a utilização de instrumentos, e constituem-se de dados numéricos.

Com base na análise dos resultados experimentais, isto é, das observações realizadas, a hipótese pode ser aceita ou não. Caso **não** seja aceita, uma nova hipótese é formulada, novos experimentos são realizados e o ciclo se repete. Caso a hipótese seja **aceita**, isso não significa que ela é uma verdade incontestável e eterna. Ela poderá ser submetida a novas situações de teste, em que novas observações são realizadas. A hipótese continuará a ser aceita pela comunidade científica enquanto não surgirem fatos que a invalidem.

O ciclo que comentamos pode ser esquematizado de diferentes maneiras; uma delas está na Figura 4.

Esquematização de algumas etapas da atividade científica



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 4. Uma possível esquematização para o ciclo de elaboração e teste de hipóteses no estudo científico de um problema.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

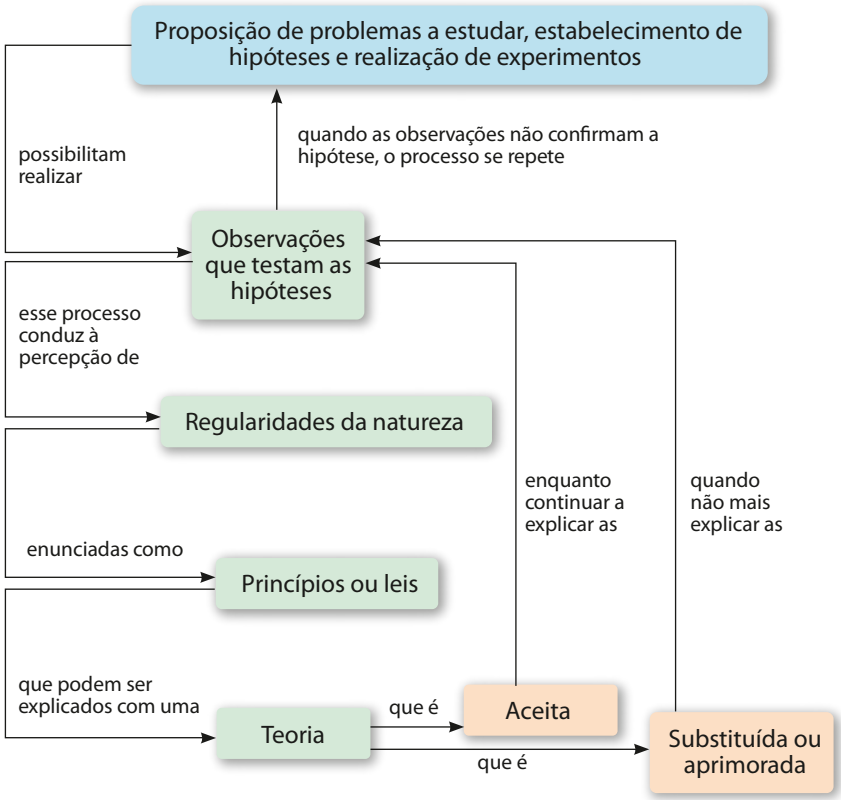
Após a execução de muitos experimentos que possibilitem observar determinada regularidade natural (isto é, um comportamento que se repete em determinadas circunstâncias específicas), pode-se enunciar um **princípio** ou uma **lei**, ou seja, uma frase ou equação matemática que expresse a regularidade observada.

Quando uma hipótese de determinada área científica é testada e aceita como explicação plausível (possível) para um número suficientemente grande de observações científicas, ela passa a ser conhecida como uma **teoria**, ou seja, uma proposta de explicação para fatos experimentais e/ou leis. Uma teoria é considerada satisfatória quando, ao ser testada em novas situações, obtém sucesso. Quando tal sucesso não é conseguido, ela deve ser modificada ou, dependendo do caso, abandonada e substituída por outra melhor.

A Química é uma ciência e, como tal, está em contínuo processo de evolução e aperfeiçoamento. As ideias científicas são **permanentemente provisórias**, e isso está de acordo com o caráter dinâmico das Ciências da Natureza.

A Figura 5 apresenta uma das maneiras possíveis para expressar a relação entre a constatação de regularidades naturais, o enunciado de princípios ou leis, e a aceitação de teorias.

Esquematização da relação entre algumas terminologias científicas



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 5. Uma possível esquematização envolvendo alguns aspectos metodológicos da Ciência.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

SAÚDE ODS 3

Frequentemente recebemos pelas mídias sociais conselhos de medicamentos caseiros ou procedimentos que podem curar ou preservar a saúde, acompanhados de motivos que os justificam. É seguro seguir determinados conselhos somente porque eles contêm justificativas que parecem convincentes? Que precauções devemos ter nesses casos? Escreva um texto argumentativo relacionando sua resposta a essas perguntas com o que aprendeu ao estudar este item 3.

Neste livro, você encontrará indicações dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) quando forem trabalhados temas relacionados a eles. Oriente os estudantes a consultarem as páginas sobre ODS no início do livro.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Relatório de atividade prática e artigo científico

O verbo **relatar** significa fazer a narrativa de alguma coisa, seja oralmente ou por escrito. A esse verbo relaciona-se o substantivo **relatório**, que, no contexto de nosso interesse, é o nome de uma exposição por escrito de fatos, sequência de eventos, análises e conclusões.

No âmbito escolar, quando se realiza uma atividade prática de Ciências da Natureza, é frequente que o professor solicite um relatório. Ainda neste capítulo, você e seus colegas realizarão uma investigação científica sobre o estouro da pipoca e terão a oportunidade de elaborar um **relatório de atividade prática**. De modo geral, é conveniente que um relatório desse tipo, além do nome dos autores, contenha:

- **Título** – que represente de modo significativo a que se refere a atividade;
- **Introdução** – explicação concisa sobre a finalidade da atividade;
- **Procedimento** – descrição do que foi realizado, incluindo quais equipamentos e materiais foram utilizados;
- **Observações** – descrição do que se verificou durante a execução prática;
- **Conclusões** – análise das observações, explicando-as com base em conceitos das Ciências da Natureza e empregando vocabulário científico;
- **Bibliografia** – citação das fontes de informação que foram consultadas.

Essa estrutura não é rígida e alterações podem ser realizadas (inclusive no nome das seções), principalmente por determinação do professor, a fim de adequar o relatório a situações particulares.

No item 3 deste capítulo, apresentamos as linhas gerais da metodologia das Ciências da Natureza. No contexto dessa atividade humana, quando um grupo de pesquisadores finaliza um projeto, é comum publicar um relatório para deixar registrada a originalidade do trabalho e divulgar os resultados e as conclusões à comunidade científica. Esse tipo de relatório é um **artigo científico** (também designado pela palavra inglesa ***paper***) e é mais sofisticado do que um relatório escolar.

O **original** do artigo (que também é chamado de **manuscrito**, embora não seja mais escrito à mão) é submetido ao editor de um **periódico científico**. Existem periódicos (jornais, revistas) especializados nas diversas áreas de atuação das Ciência da Natureza.

O editor envia o original para ser avaliado por outros pesquisadores da mesma área, que atuarão na **revisão**. Para essa etapa, são escolhidos pesquisadores que não atuaram na pesquisa nem têm envolvimento profissional com os autores do artigo. Esse processo, chamado de **revisão por pares**, serve para que pesquisadores independentes avaliem a originalidade, a pertinência, a reprodutibilidade e a qualidade do trabalho e das conclusões. Cada **revisor** pode recomendar a publicação (ou não) e sugerir alterações na redação. A revisão por pares é um mecanismo para evitar que artigos ruins sejam publicados.

Cada periódico estabelece suas regras de publicação. Contudo, em geral, um artigo que descreva uma pesquisa científica é assim estruturado:

- **Título** – enuncia o assunto do trabalho;
- **Resumo** – em poucos parágrafos, descreve o artigo; nos periódicos que não são em inglês, o resumo é geralmente apresentado em duplicata: na língua do artigo e também em inglês (neste caso, chama-se ***abstract***);
- **Autores** – nomes e instituições em que trabalham;
- **Introdução** – partindo de aspectos já publicados na literatura científica, explica o contexto em que a pesquisa se insere e qual é o seu objetivo;
- **Materiais e métodos** – descrições dos materiais e equipamentos utilizados e dos procedimentos executados;
- **Resultados** – apresentação do que foi obtido, sob a forma de texto, gráficos, tabelas, esquemas e fotografias;
- **Discussão** – interpretação dos resultados obtidos e explicitação do que a pesquisa evidenciou;
- **Conclusão** – considerações sobre os resultados, comentários sobre sua relevância no atual estágio da Ciência e sugestão de outros trabalhos que podem ser realizados na mesma linha de pesquisa;
- **Referências** – relação das fontes de informações usadas como embasamento e/ou citadas ao longo do artigo.

Agora, individualmente, realize as seguintes atividades, registrando as respostas e conclusões no seu caderno.

1. Um grupo de pesquisadores pensou nos títulos a seguir, todos possíveis para o artigo científico que escreveram.

   Determinação de íons chumbo(II) na água.

   Novo procedimento para identificar íons tóxicos na água.

   Desenvolvimento de um método econômico para determinar íons tóxicos de chumbo(II) em água tratada.

   Analise-os e explique qual deve ser o escolhido, justificando a escolha.
2. Explique se, depois de publicado, um artigo científico pode ser contestado. Argumente com base no **método científico**.
3. Existem diversos modos de revisão por pares. Vamos mencionar dois deles. Na revisão **simples cega**, os autores não conhecem a identidade dos revisores, mas os revisores sabem quem são os autores. Já na revisão **duplo cega**, autores e revisores não conhecem as identidades uns dos outros. Na sua opinião, qual desses sistemas é melhor? Argumente para sustentar a sua opinião.
4. Às vezes, um artigo científico passa por **retratação**. Pesquise o que é esse processo e em quais casos pode acontecer.
5. Pesquise um exemplo de artigo que tenha sido retratado **por iniciativa da editora que publica o periódico** (não por iniciativa dos autores) e justifique por que, nas atividades científicas, esse tipo de procedimento pode ser necessário em certos casos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Na atividade científica, a etapa em que um(a) cientista estabelece o problema a estudar:

1. a

a. é um passo inicial do processo, pois é importante na definição de etapas posteriores, como a elaboração de hipóteses.

b. vem depois da confirmação da validade da teoria que o(a) cientista propôs.

c. ocorre necessariamente após a realização de experimentos, uma vez que depende dos resultados obtidos nesses experimentos.

d. sempre acontece junto com a realização de observações experimentais.

e. é uma etapa final do processo, que ocorre junto com a publicação dos resultados.

2. Uma teoria científica é:

2. e

a. uma verdade aceita como correta sem necessidade de demonstração.

b. uma ideia decorrente apenas do uso do bom senso e que, por isso, é aceita pelos cientistas como uma explicação correta para um conjunto de fenômenos.

c. uma ideia que surge abruptamente durante a realização de um experimento e que precisa ser rapidamente registrada antes que seja esquecida pelo(a) cientista que a concebeu.

d. uma verdade que é firmemente demonstrada como correta por meio da realização de grande número de experimentos e que, devido a essa confirmação experimental, não está sujeita a ser questionada ou modificada, sendo considerada uma descoberta científica.

e. uma explicação aceita pela comunidade científica para explicar um número suficientemente grande de observações científicas, que não é considerada imutável e que pode ser eventualmente aprimorada ou substituída por outra.

3. Uma lei científica, também chamada de princípio científico, é:

3. c

a. o mesmo que hipótese científica.

b. o mesmo que teoria científica.

c. uma frase ou uma equação matemática que expressa uma regularidade observada em fenômenos estudados pelas Ciências da Natureza.

d. uma frase ou uma equação matemática que é mentalmente inventada por um(a) cientista e que, por esse motivo, precisa ser testada por meio de experimentos científicos.

e. o nome dado a qualquer hipótese que foi confirmada por ao menos um experimento.

4. Uma pessoa afirma: "Eu tenho uma teoria sobre por que meu amigo está irritado hoje!". O significado da palavra "teoria" nessa frase é diferente do significado quando ela é usada em Ciências da Natureza? Explique.

5. A astrologia – atividade que realiza previsões sobre o futuro com base na posição de astros e estrelas no céu – não é reconhecida como Ciência pela comunidade científica. Quais seriam os motivos pelos quais não há esse reconhecimento?

6. Em Ciências da Natureza, em vez de dizer que determinada teoria é "verdadeira", prefere-se dizer que ela é "atualmente aceita". Por que os cientistas fazem essa distinção?

7. Leia o texto a seguir e faça o que se pede.

> Os cientistas devem aceitar seus resultados experimentais mesmo quando gostariam que eles fossem diferentes. Precisam esforçar-se para distinguir entre o que veem e o que desejariam ter visto, pois os cientistas, como a maioria das demais pessoas, têm grande capacidade de enganar a si mesmos. As pessoas têm sempre a tendência de adotar regras gerais, convicções, crenças, ideias e hipóteses sem questionar profundamente a sua validade e a retê-los por muito tempo mesmo depois de terem se mostrado sem significado, falsos ou no mínimo questionáveis. As suposições mais difundidas são frequentemente as menos questionadas. Muitas vezes, quando uma ideia é adotada, uma atenção especial é dada aos casos que parecem confirmá-la, ao passo que aqueles casos que parecem contrariá-la são distorcidos, menosprezados ou ignorados.
>
> **Fonte:** HEWITT, P. G. **Conceptual Physics**. 13. ed. Harlow: Pearson, 2023. p. 32. (Tradução dos autores.)

a. Reescreva, com suas palavras, o trecho a seguir:

"Muitas vezes, quando uma ideia é adotada, uma atenção especial é dada aos casos que parecem confirmá-la, ao passo que aqueles casos que parecem contrariá-la são distorcidos, menosprezados ou ignorados".

Se necessário, consulte um dicionário de português para encontrar substitutos para as palavras do texto cujo significado desconheça. Ao elaborar essa nova redação, procure deixar bem evidente o significado da frase em questão. Qual é a importância de considerar os casos que contrariam uma hipótese?

b. Agora considere o seguinte trecho do texto:

"As pessoas têm sempre a tendência de adotar regras gerais, convicções, crenças, ideias e hipóteses sem questionar profundamente a sua validade e a retê-los por muito tempo mesmo depois de terem se mostrado sem significado, falsos ou no mínimo questionáveis."

Considerando o que aprendeu sobre metodologia científica, explique por que uma crença ou convicção pessoal não pode ser considerada um fato científico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Visão geral da educação midiática

A atividade do *Dialogando com o texto* do item 3 relaciona-se a algo muito relevante, que é a utilização adequada das tecnologias da informação e da comunicação.

Utilizar meios digitais para se informar e se comunicar é uma necessidade, tanto na dimensão pessoal da vida quanto na profissional. Não é suficiente apenas saber em que botões clicar ou em que ícones tocar. É necessário muito mais que isso! É preciso desenvolver pensamento crítico e garantir fluência no uso de diversas tecnologias.

Quem não tem um bom preparo para utilizar tecnologias da informação e da comunicação (isto é, quem não tem um letramento digital adequado) não consegue aproveitar oportunidades que essas tecnologias possibilitam e, além disso, pode ser facilmente manipulado por pessoas, empresas e grupos políticos.

A **educação midiática** consiste no conjunto de habilidades para acessar, avaliar, interpretar e analisar criticamente o que é veiculado pelas diferentes mídias (por exemplo, televisão, rádio, cinema, páginas da internet, plataformas de vídeo e de *podcast*, blogues, aplicativos de mensagens e redes sociais) e criar, expressar-se e agir empregando diferentes formas de comunicação.

Existem diferentes maneiras de apresentar as habilidades da educação midiática. Uma delas, reproduzida na Figura 6, foi elaborada pelo Instituto Palavra Aberta e publicada no portal Educamídia.

Habilidades de educação midiática

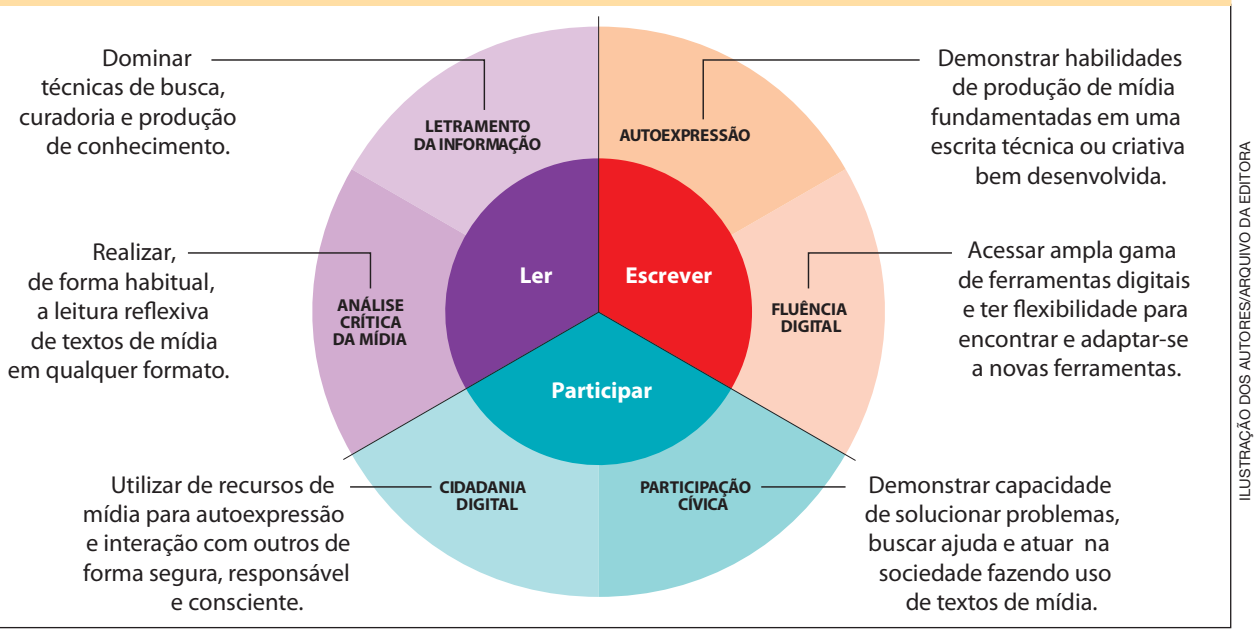


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: Educamídia. **Habilidades da educação midiática**. Disponível em: https://educamidia.org.br/habilidades. Acesso em: 15 out. 2024.

Figura 6. Uma possível maneira de agrupar habilidades importantes da educação midiática.

Ao longo deste livro, você terá oportunidades para desenvolver seu letramento digital, fortalecendo o espírito crítico e preparando-se para usar as tecnologias digitais da informação e da comunicação de forma fluente, eficaz, consciente, ética e respeitosa.

Agora, em grupos de dois ou três estudantes (de acordo com critérios do professor), realizem as atividades:

1. Deem exemplos de dificuldades enfrentadas por alguém devido à falta de educação midiática. Citem exemplos (mas sem identificar pessoas) que ilustrem a resposta.
2. Pesquisem o significado da palavra **proatividade** e expliquem por que, no mundo do trabalho, conseguir uma vaga de emprego ou uma chance de promoção é mais fácil para um profissional proativo, colaborativo e que tenha educação midiática adequada.

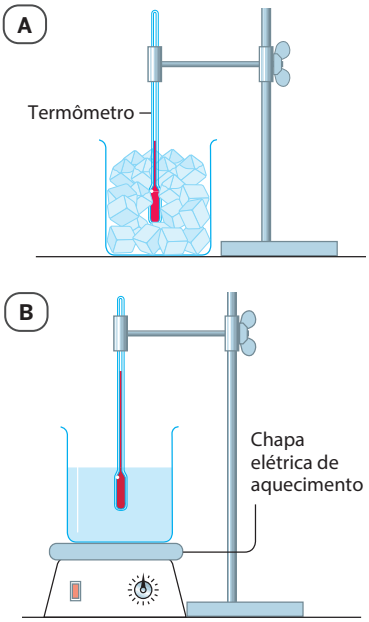
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Mudanças de fase da água

Em nossa vida diária, a água pode ser encontrada em três situações distintas: sólida, líquida ou vapor. Dizemos que são três **fases**, ou três **estados de agregação** da água. As montagens da Figura 7 podem ser empregadas para investigar o que ocorre com a temperatura da água durante suas transições de fase, quando **submetida à pressão atmosférica ao nível do mar** (**1 atm**).

Na Figura 7. A, há um recipiente de vidro contendo cubos de gelo feitos com água pura que acabaram de ser retirados de um congelador e estão a –18 °C (isto é, 18 °C abaixo de zero). A pressão atmosférica no local é 1 atm e a temperatura é 25 °C. Anotando a indicação do termômetro em diferentes instantes de tempo, verifica-se que a temperatura aumenta gradualmente até chegar a 0 °C, quando o gelo começa a derreter. Enquanto ele não derrete completamente, a temperatura permanece fixa em 0 °C e, após todo o gelo derreter, ela volta a subir gradualmente até chegar a 25 °C, que é a mesma do ambiente, e, a partir daí, ela se mantém constante.

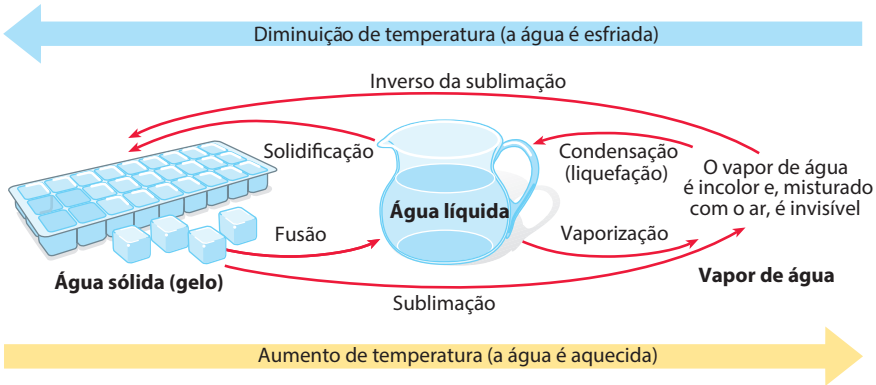
Em uma segunda parte do experimento, a água líquida é aquecida, a 1 atm, com o auxílio da aparelhagem mostrada na Figura 7.B. Verifica-se que a temperatura sobe gradualmente até 100 °C, quando a água entra em ebulição. Enquanto permanece em ebulição, a temperatura mantém-se constante em 100 °C.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 7. Montagens experimentais que podem ser empregadas para medir a temperatura da água em função do tempo, à medida que ela é aquecida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

No experimento, a água estava inicialmente na **fase sólida**. Posteriormente, passou para a **fase líquida** e, finalmente, para a **fase gasosa**. A Figura 8 mostra os nomes das **mudanças de fase**. Essas terminologias se aplicam também às mudanças de fase que ocorrem com outras substâncias.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 8. Esquema de mudanças de fase da água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A **vaporização**, passagem da fase líquida para a gasosa, pode ocorrer de forma lenta, na temperatura ambiente e sem a formação de bolhas, como no caso da água que está em uma roupa secando no varal. Nesse caso, a vaporização é denominada **evaporação**. A vaporização também pode acontecer com a formação de bolhas durante o aquecimento do líquido. Nesse caso, é chamada **ebulição** (popularmente, **fervura**). Ao nível do mar (1 atm), a ebulição da água pura ocorre na temperatura de 100 °C.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Uma das habilidades de grande relevância para todo cidadão é saber como procurar informações em fontes confiáveis, interpretar essas informações e utilizá-las para resolver problemas práticos.

No mundo do trabalho, fazer isso é parte da rotina profissional. Na vida diária, é essencial para entender melhor o mundo em que vivemos e, valendo-se da compreensão das informações obtidas, tomar decisões acertadas que propiciem melhor qualidade de vida para si, sua família, sua comunidade e seu país. É por isso que, ao longo deste livro, haverá muitos momentos nos quais, em vez de obter a informação pronta, será importante procurá-la em outras fontes.

Então, é hora de trabalhar essa capacidade: em equipes, pesquisem o que é a **curva de aquecimento da água** e a **curva de resfriamento da água**. É possível encontrar curvas desse tipo para outras substâncias além da água? Registrem os resultados no caderno. Proponham uma relação entre essas curvas e o que estudamos no item 4 deste capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Temperaturas de fusão e de ebulição

Vimos no item anterior que, se a água pura estiver submetida à pressão ao nível do mar, sua fusão ocorre à temperatura fixa de 0 °C e sua ebulição acontece à temperatura constante de 100 °C. Dizemos que, nessa pressão, a temperatura de fusão da água é 0 °C e sua temperatura de ebulição é 100 °C.

No aquecimento ou no resfriamento de uma substância pura (isto é, não misturada com outra), realizado à pressão constante, a temperatura permanece constante enquanto uma mudança de fase estiver acontecendo.

A **temperatura de fusão** (*TF*) é uma temperatura característica na qual ocorre a fusão de certa substância (durante o aquecimento) ou sua solidificação (durante o resfriamento), a determinada pressão constante. Já a **temperatura de ebulição** (*TE*) é uma temperatura característica na qual acontece a ebulição de certa substância (durante o aquecimento) ou sua liquefação (durante o resfriamento), a determinada pressão constante. Exemplos de valores de temperaturas de fusão e de ebulição, à pressão de 1 atm, são mostrados na Tabela 1.

A temperatura de fusão e a temperatura de ebulição das substâncias podem variar bastante, dependendo da pressão atmosférica do local em que o experimento é feito (a temperatura de ebulição varia mais intensamente). A pressão atmosférica, por sua vez, varia com a altitude do local em relação ao nível do mar. Assim, ao consultar e utilizar valores dessas temperaturas, esteja sempre atento à pressão à qual se referem. Ao **nível do mar**, a pressão atmosférica média vale 1 atm (ou 760 mmHg, ou 101,3 kPa).

A utilidade de conhecer a temperatura de fusão e a de ebulição de determinada substância é poder prever as faixas de temperatura em que ela é sólida, líquida ou vapor. Isso é de relevância para as aplicações das substâncias (atividade a seguir) no cotidiano, nos laboratórios (Fig. 9) e nas indústrias.

Tabela 1. Temperatura de fusão e temperatura de ebulição de algumas substâncias*

Substância	*TF*	*TE*
Tungstênio	3.414	5.555
Platina	1.768	3.825
Ferro	1.538	2.861
Cobre	1.085	2.560
Ouro	1.064	2.836
Prata	962	2.162
Cloreto de sódio	801	1.465
Alumínio	660	2.519
Chumbo	327	1.749
Iodo	114	184
Enxofre	95	445
Naftaleno	80	218
Benzeno	6	80
Água	0	100
Bromo	−7	59
Mercúrio	−39	357
Amônia	−78	−33
Metanol	−98	65
Cloro	−102	−34
Etanol	−114	78
Metano	−182	−162
Flúor	−220	−188
Nitrogênio	−210	−196
Oxigênio	−219	−183
Hidrogênio	−259	−253

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 3. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 4-62; *Idem*: seção 4. p. 2-12.

* Em graus Celsius (°C), à pressão média da atmosfera ao nível do mar (1 atm).

HENRIKA ŠANTEL - MUSEU DE GORIŠKA, NOVA GORICA

Figura 9. Henrika Santel (1874-1940) foi uma pintora ítalo-eslovena que retratou, em diversas obras, a relevância da mulher na sociedade, como nesse óleo sobre tela, de 1932, de uma química no laboratório.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Nesta atividade, a turma deve se dividir em equipes, e cada uma deve propor soluções para as situações apresentadas, investigando as informações necessárias para argumentar em favor delas. Todos os membros do grupo devem registrar no caderno os dados encontrados e as proposições feitas.

Primeira situação

Uma engenheira está projetando uma peça metálica que será usada em um equipamento que operará a 300 °C e pressão atmosférica do nível do mar (1 atm).

Considerando apenas as condições de temperatura e pressão de operação do equipamento como critério de seleção, proponham quais dos metais – alumínio, cobre, estanho, ferro, gálio e níquel – poderiam ser usados para fazer a peça. Apresentem argumentos em favor de sua escolha.

Segunda situação

Para a realização de certo experimento de Química (em um laboratório situado ao nível do mar e adequadamente equipado para seguir todas as normas de segurança), é necessário que as substâncias água, benzeno, bromo e fenol estejam líquidas.

Proponham em qual faixa de temperatura esse experimento deve ser realizado a fim de atender à exigência. Que argumentos justificam a resposta?

Terceira situação

Lojas de materiais para piscinas vendem um produto chamado "cloro líquido" e outro chamado "cloro sólido". Argumentem se esses produtos podem, de fato, ser a substância pura cloro. Em caso negativo, investiguem que substâncias podem ser essas e qual é a finalidade de adicioná-las à água de piscina.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

8. Às vezes, nos dias frios ou chuvosos, o lado interno dos vidros dos ônibus, automóveis e demais veículos tripulados fica embaçado. Decida, entre as frases a seguir, a que explica esse fenômeno de maneira mais adequada. 8. c

a. A água da chuva, que está do lado externo do automóvel, atravessa o vidro por pequenos orifícios que existem nele e faz com que a superfície interna fique embaçada.

b. O gás oxigênio da atmosfera interna do carro se transforma em água líquida, que se deposita sobre o vidro.

c. O vapor de água presente na atmosfera interna do veículo (proveniente, por exemplo, do ar expirado) se condensa na superfície dos vidros.

d. O vapor de água presente na atmosfera interna do veículo (proveniente, por exemplo, da queima do combustível) passa por solidificação e forma cristais na superfície dos vidros.

9. Uma churrasqueira é feita de ferro. Sabendo que a temperatura de fusão do ferro é 1.538 °C, qual das afirmações a seguir realiza uma dedução correta sobre a temperatura do carvão em brasa que está na churrasqueira durante o preparo do churrasco? 9. c

a. É maior que 1.538 °C, pois, assim, não ocorre vaporização do ferro.

b. É igual a 1.538 °C, porque o ferro não funde durante o preparo do churrasco.

c. É inferior a 1.538 °C, pois o ferro não chega a fundir.

d. É inferior a 1.538 °C, porque o ferro chega a fundir, mas não a ebulir.

10. (Enem) O quadro apresenta alguns exemplos de combustíveis empregados em residências, indústrias e meios de transporte. 10. b

Combustível	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
Butano	−135	−0,5
Etanol	−112	78
Metano	−183	−162
Metanol	−98	65
Octano	−57	126

São combustíveis líquidos à temperatura de 25 °C:

a. Butano, etanol e metano.

b. Etanol, metanol e octano.

c. Metano, metanol e octano.

d. Metanol e metano.

e. Octano e butano.

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

11. A temperatura de fusão do ouro é 1.064 °C e a do rubi é 2.054 °C. Após um incêndio, foram encontrados os restos de um anel feito de ouro e rubi. O ouro estava todo deformado, pois derreteu durante o incêndio, mas o rubi mantinha seu formato original. O que se pode afirmar sobre a temperatura das chamas durante o incêndio? Justifique sua resposta.

12. (Unicamp-SP) "Colocando-se água bem gelada num copo de vidro, em pouco tempo este fica molhado por fora, devido à formação de minúsculas gotas de água." Para procurar explicar esse fato, propuseram-se as duas hipóteses seguintes:

a. Se aparece água do lado de fora do copo, então o vidro não é totalmente impermeável à água. As moléculas de água, atravessando lentamente as paredes do vidro, vão formando minúsculas gotas.

b. Se aparece água do lado de fora do copo, então deve haver vapor de água no ar. O vapor de água, entrando em contato com as paredes frias do copo, se condensa em minúsculas gotas.

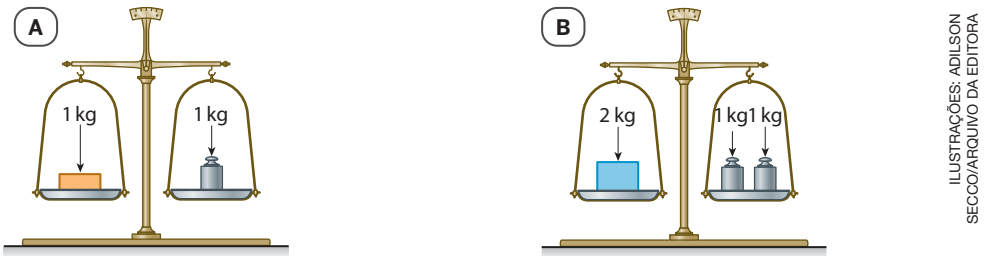
Qual das duas hipóteses interpreta melhor os fatos? Como você justifica a escolha?

6. Massa e unidades para expressá-la

A mesa, a cadeira, as nossas roupas e o nosso organismo são exemplos de matéria. Todos os seres e objetos que fazem parte do nosso mundo são feitos de **matéria**. Do ponto de vista científico, matéria é tudo o que tem massa e ocupa lugar no espaço.

A **massa** de um corpo é uma grandeza (grandeza é tudo aquilo que podemos medir) associada à inércia desse corpo. Ou seja, quanto maior a massa de um corpo, maior é a dificuldade de colocar esse corpo em movimento ou de, uma vez estando em movimento, fazê-lo parar.

Vamos, numa abordagem simplificada, considerar a massa como uma propriedade dos objetos que pode ser determinada com o uso de uma balança de dois pratos, como a que aparece na Figura 10. O primeiro passo para determinar a massa de objetos é a escolha de uma unidade de medida padronizada. O padrão de massa mais conhecido e utilizado é o **quilograma**, simbolizado por kg. Dizer que um objeto possui massa de 1 kg (um quilograma) significa dizer que, ao colocá-lo num dos pratos da balança, o equilíbrio será estabelecido colocando-se no outro prato o objeto-padrão de massa 1 kg (Figura 10.A). Um objeto possui massa de 2 kg (dois quilogramas) quando, colocado num dos pratos da balança, o equilíbrio é atingido com dois objetos de massa 1 kg no outro prato (Figura 10.B). E assim por diante.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 10. Uma balança de dois pratos possibilita determinar a massa de um objeto, que é colocado sobre um deles (nessas ilustrações, no prato de esquerda). Sobre o outro prato, colocam-se objetos de massa conhecida até que a balança se equilibre, com os dois pratos permanecendo em repouso em uma mesma linha horizontal.

A tonelada e o grama são, respectivamente, múltiplo e submúltiplo importantes do quilograma. A tonelada (t) equivale a mil quilogramas:

1 tonelada = 1 t = 1.000 kg

O grama (g) é a milésima parte do quilograma (1 g = 0,001 kg) ou, de modo equivalente, o quilograma equivale a mil gramas (1 kg = 1.000 g):

1 grama = 1 g = 0,001 kg

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Conversão de unidades de massa

É muito frequente, na Biologia, na Física, na Química e em todas as demais Ciências da Natureza, a necessidade de converter uma unidade de medida em outra.

A conversão de unidades de massa envolve o conceito matemático de **proporcionalidade direta**: quanto maior for o valor da massa em determinada unidade de massa (por exemplo, grama), proporcionalmente maior ele será também em outra unidade de massa (por exemplo, quilograma). Assim, 1.000 g equivalem a 1 kg, 2.000 g equivalem a 2 kg, 3.000 g equivalem a 3 kg e assim por diante.

Como exemplo, considere que um frasco de iogurte tenha no rótulo a informação de que contém 320 g do produto e você deseja saber a quanto essa massa equivale, se for expressa em kg. Vamos efetuar essa **conversão de unidade de massa** adiante, mas, primeiramente, relembraremos uma propriedade fundamental das proporções, que é importante para a compreensão dessa operação.

Para facilitar o entendimento, vamos relembrar a ideia de proporção empregando exemplos completamente numéricos. Por exemplo, dizer que "2 está para 5 assim como 4 está para 10", é equivalente a dizer que 2 dividido por 5 dá o mesmo resultado numérico que 4 dividido por 10:

$$\frac{2}{5} = \frac{4}{10} = 0{,}4$$

A equivalência da fração *dois quintos* com a fração *quatro décimos* também pode ser evidenciada pelo fato de que, na segunda, o numerador (4) e o denominador (10) são, respectivamente, o dobro do numerador (2) e do denominador (5) da primeira.

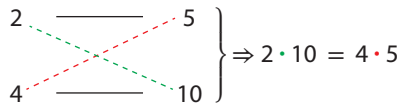
Uma propriedade matemática de duas frações equivalentes é que os produtos do numerador de uma pelo denominador da outra dão um mesmo resultado (propriedade às vezes enunciada como o **produto dos extremos é igual ao produto dos meios**). No exemplo em questão, isso pode ser assim representando:

$$\frac{2}{5} = \frac{4}{10} \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot 10 = 4 \cdot 5$$

Uma maneira de representar uma proporcionalidade como "2 está para 5 assim como 4 está para 10", comum na resolução de problemas, é a seguinte:

$$\left.\begin{array}{l} 2 \text{ ——— } 5 \\ 4 \text{ ——— } 10 \end{array}\right\}$$

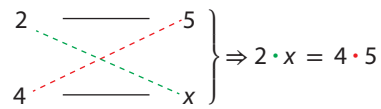
Essa representação implica que o produto de 2 por 10 é igual ao produto de 4 por 5, conforme está esquematizado a seguir.



Nessa representação, as linhas tracejadas coloridas indicam a operação multiplicativa que implica igualdade.

Agora, imagine que, na proporção apresentada, o valor 10 fosse desconhecido, configurando-se como a incógnita x de uma situação-problema. Como determinar o valor dessa incógnita?

Um encaminhamento possível é o seguinte. Primeiramente, indicamos a multiplicação, chegando a uma equação do primeiro grau:



A seguir, para resolver a equação em questão, $2 \cdot x = 4 \cdot 5$, podemos dividir os dois membros da igualdade por 2, o que conduz a:

$$2 \cdot x = 4 \cdot 5 \quad \Rightarrow \quad x = \frac{4 \cdot 5}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{x = 10}$$

A indicação de uma proporcionalidade com três valores conhecidos e uma incógnita é conhecido como **regra de três**.

Voltemos, agora, à situação proposta de conversão de unidades de massa: um frasco de iogurte informa que contém 320 g do produto; a quanto equivale essa massa, em quilograma? Para resolvê-la, utilizamos a ideia de proporcionalidade e podemos elaborar a seguinte indicação:

Massa em grama		Massa em quilograma
1.000 g	———	1 kg
320 g	———	x

Essa montagem pode ser lida como "mil gramas equivalem a um quilograma, assim como trezentos e vinte gramas equivalem a x".

Efetuando a regra de três, chegamos ao valor de x:

$$x = \frac{320 \cancel{g} \cdot 1 \text{ kg}}{1.000 \cancel{g}} \quad \Rightarrow \quad x = 0{,}320 \text{ kg}$$

Portanto, a massa de 320 g equivale a 0,320 kg.

Note que, como parte do cálculo, a unidade grama (g) foi dividida pela unidade grama (g), divisão que resulta 1. Por esse motivo, apenas a unidade quilograma (kg) comparece no resultado final, conforme desejado.

O raciocínio que comentamos pode ser aplicado à conversão entre outras unidades de massa.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

7. Volume e unidades para expressá-lo

Ocupar lugar no espaço é uma característica da matéria associada à grandeza denominada **volume**. Em outras palavras, o volume de uma porção de matéria expressa quanto de espaço é ocupado por ela.

Unidades de volume importantes são o decímetro cúbico (dm^3), o litro (L), o centímetro cúbico (cm^3), o mililitro (mL) e o metro cúbico (m^3).

O decímetro cúbico (dm^3) é o volume de um cubo cuja aresta mede 1 dm (um decímetro), ou seja, 10 cm. Essa unidade é equivalente ao litro (L).

$$1\ dm^3 = 1\ L$$

O centímetro cúbico (cm^3) é o volume de um cubo cuja aresta tem a medida de 1 cm.

A unidade de volume mililitro (mL) é definida como sendo a milésima parte do litro. Como consequência dessa definição, um litro corresponde a mil mililitros (1 L = 1.000 mL).

E, já que um decímetro cúbico equivale a um litro, podemos afirmar que:

$$1\ dm^3 = 1\ L = 1.000\ cm^3 = 1.000\ mL$$

Assim, decorre que:

$$1\ cm^3 = 1\ mL$$

O metro cúbico é o volume de um cubo de aresta 1 m. Trata-se, portanto, de uma unidade de volume maior que as citadas anteriormente. Um metro cúbico corresponde a mil decímetros cúbicos. Assim, temos:

$$1\ m^3 = 1.000\ dm^3 = 1.000\ L$$

Em destaque

Conversão de unidades de volume

Digamos que você deseja saber quantos litros de água cabem em uma caixa-d'água com capacidade para 2,5 m^3. Esse é um exemplo de situação envolvendo **conversão de unidade de volume**, que, da mesma maneira que a conversão de unidades de massa, envolve um raciocínio matemático de **proporcionalidade direta**.

A conversão desejada pode ser esquematizada da seguinte maneira:

Volume em metro cúbico		Volume em litro
1 m^3	———	1.000 L
2,5 m^3	———	x

Essa montagem pode ser lida como "um metro cúbico equivale a mil litros, assim como dois e meio metros cúbicos equivalem a x".

Efetuando a regra de três, chegamos ao valor de x:

$$x = \frac{2{,}5\ \cancel{m^3} \cdot 1.000\ L}{1\ \cancel{m^3}} \quad \Rightarrow \quad x = 2.500\ L$$

Assim, 2,5 m^3 equivalem a 2.500 L.

Perceba que, ao realizar o cálculo, a unidade metro cúbico (m^3) foi dividida pela unidade metro cúbico (m^3), divisão que resulta 1. Por esse motivo, apenas a unidade litro (L) comparece no resultado final, como desejado.

O raciocínio que apresentamos pode ser aplicado à conversão entre outras unidades de volume.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

13. Qual é a massa, em grama, de um bebê de 4,756 kg?

14. Um pacote com 500 folhas de papel tem massa de 2,5 kg. Admitindo que a massa das folhas seja igual, qual é a massa, em grama, de cada uma delas?

15. Durante um mês, um elefante jovem, em crescimento, sofreu um aumento de massa de 0,179 t. A quantos quilogramas corresponde esse aumento de massa?

16. O miligrama (mg) é um submúltiplo do grama bastante usado para expressar pequenas massas: um miligrama equivale à milésima parte do grama. Uma indústria farmacêutica produz comprimidos contendo cada qual 500 mg de uma determinada substância ativa como medicamento. Quantos comprimidos podem ser produzidos usando 50 kg dessa substância?

17. O rótulo de uma garrafa de água mineral informa: "contém 1,5 litro". A quantos mililitros equivale esse volume?

18. Um caminhão-pipa transporta 30 m^3 de água. Esse volume de água permite encher quantas caixas-d'água de 500 L?

19. (Enem) É comum as cooperativas venderem seus produtos a diversos estabelecimentos. Uma cooperativa láctea destinou 4 m^3 de leite, do total produzido, para análise em um laboratório da região, separados igualmente em 4.000 embalagens de mesma capacidade.

19. e

Qual o volume de leite, em mililitro, contido em cada embalagem?

a. 0,1 **c.** 10,0 **e.** 1.000,0
b. 1,0 **d.** 100,0

20. (Enem) Três pessoas, X, Y e Z, compraram plantas ornamentais de uma mesma espécie que serão cultivadas em vasos de diferentes tamanhos. O vaso escolhido pela pessoa X tem capacidade de 4 dm^3. O vaso da pessoa Y tem capacidade de 7.000 cm^3 e o de Z tem capacidade igual a 20 L. Após um tempo do plantio das mudas, um botânico que acompanha o desenvolvimento delas realizou algumas medições e registrou que a planta que está no vaso da pessoa X tem 0,6 m de altura. Já as plantas que estão nos vasos de Y e Z têm, respectivamente, alturas medindo 120 cm e 900 mm.

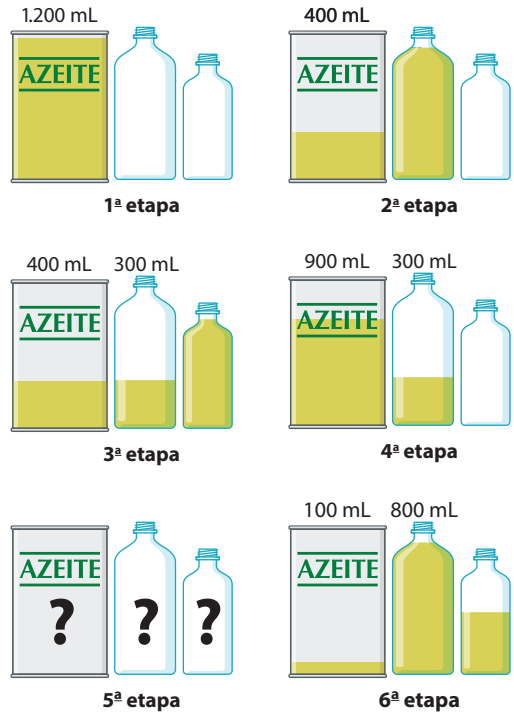
20. d

O vaso de maior capacidade e a planta de maior altura são, respectivamente, os de:

a. Y e X. **c.** Z e X. **e.** Z e Z.
b. Y e Z. **d.** Z e Y.

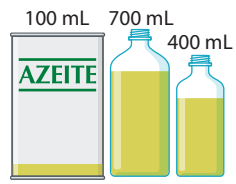
21. (Enem) A diversidade de formas geométricas espaciais criadas pelo homem, ao mesmo tempo em que traz benefícios, causa dificuldades em algumas situações. Suponha, por exemplo, que um cozinheiro precise utilizar exatamente 100 mL de azeite de uma lata que contenha 1.200 mL e queira guardar o restante do azeite em duas garrafas, com capacidade para 500 mL e 800 mL cada, deixando cheia a garrafa maior. Considere que ele não disponha de instrumento de medida e decida resolver o problema utilizando apenas a lata e as duas garrafas. As etapas do procedimento utilizado por ele estão ilustradas nas figuras a seguir, tendo sido omitida a 5ª etapa.

21. d

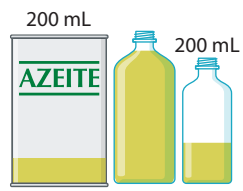


Qual das situações ilustradas a seguir corresponde à 5ª etapa do procedimento?

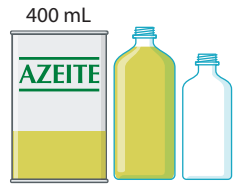
a.



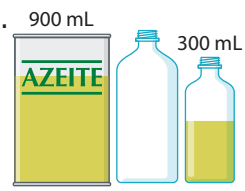
b.



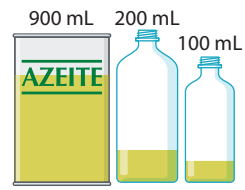
c.



d.



e.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

8. Densidade

Outra propriedade da matéria é a densidade. Para entendê-la, considere quatro amostras do metal alumínio, a 25 °C, cujos volumes são 1 cm^3, 2 cm^3, 100 cm^3 e 1.000 cm^3. Empregando uma balança, verifica-se que:

- 1 cm^3 de alumínio tem massa 2,70 g;
- 2 cm^3 de alumínio têm massa 5,40 g;
- 100 cm^3 de alumínio têm massa 270 g;
- 1.000 cm^3 de alumínio têm massa 2.700 g.

A razão entre massa e volume para o alumínio é:

$$\frac{2{,}70\ g}{1 cm^3} = \frac{5{,}40\ g}{2\ cm^3} = \frac{270\ g}{100\ cm^3} = \frac{2.700\ g}{1.000\ cm^3} = 2{,}7\ g/cm^3$$

O resultado obtido (2,70 g/cm^3) é chamado de densidade do alumínio, a 25 °C, e informa qual é a massa desse metal por unidade de volume.

Para a água líquida, a 25 °C, verifica-se que:

- 1 cm^3 de água líquida tem massa 1 g;
- 2 cm^3 de água líquida têm massa 2 g;
- 100 cm^3 de água líquida têm massa 100 g;
- 1.000 cm^3 de água líquida têm massa 1.000 g.

Disso, concluímos que a densidade da água líquida, a 25° C, é 1 g/cm^3.

De modo geral, dizemos que a **densidade** de um objeto, ou de uma amostra de certo material ou substância, é o resultado da divisão da sua massa pelo seu volume. Matematicamente, isso é expresso assim:

$$\text{densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad \text{ou} \quad d = \frac{m}{V}$$

A unidade da densidade é composta de uma **unidade de massa dividida por uma unidade de volume**, por exemplo, g/cm^3 (ou g/mL), g/L, kg/L etc. As densidades de algumas substâncias estão listadas na Tabela 2.

A densidade depende de alguns fatores, como a substância ou o material considerado. Além disso, a densidade de um mesmo material ou uma mesma substância depende da temperatura, pois um aquecimento ou um resfriamento pode acarretar alterações de volume de uma amostra e, consequentemente, interferir no valor de sua densidade.

As mudanças de fase também podem ocasionar mudanças na densidade de um material ou uma substância (Fig. 11). A água líquida, por exemplo, tem densidade 1 g/cm^3 (a 25 °C), e a água sólida tem densidade 0,92 g/cm^3 (a 0 °C).

EDUARDO SANTALIESTRA/ARQUIVO DA EDITORA

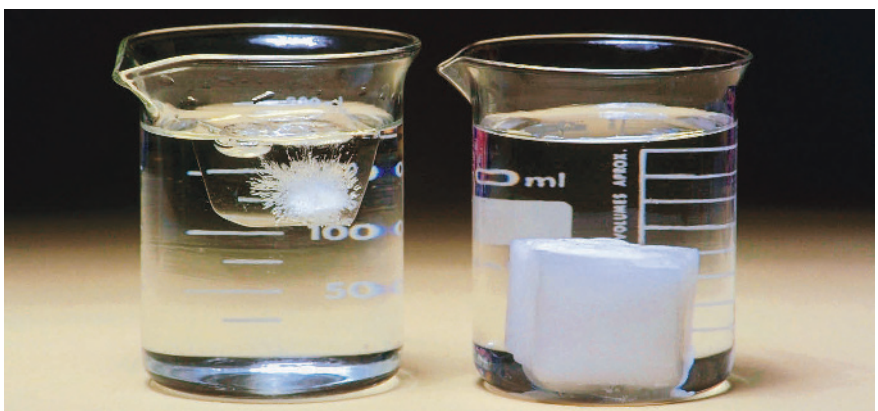


Figura 11. Água sólida (gelo) é menos densa que água líquida e flutua nela (béquer à esquerda). Parafina sólida é mais densa que parafina líquida e afunda nela (béquer à direita).

Tabela 2. Densidade de algumas substâncias químicas

Substância	Densidade (g/cm^3) a 25 °C
Ósmio	22,6
Platina	21,5
Ouro	19,3
Mercúrio	13,5
Chumbo	11,3
Prata	10,5
Cobre	8,96
Ferro	7,87
Iodo	4,93
Alumínio	2,70
Cloreto de sódio	2,17
Enxofre	2,07
Água	1,00
Sódio	0,97
Lítio	0,53

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 4. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 2-12.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Suponha que você esteja incumbido de determinar a densidade de um parafuso (com comprimento aproximado de 6 cm). Para isso, dispõe de uma balança digital que mede até um décimo de grama, de água e de uma proveta de capacidade 20 mL.

a. Pesquise o que é uma proveta, para que ela serve e qual é o procedimento correto para a leitura de sua escala graduada.

b. Balanças digitais têm um botão que, pressionado, zera a balança. Investigue qual é a necessidade de haver esse botão no equipamento.

c. Explique como você deve proceder para determinar a densidade do parafuso.

Se houver disponibilidade dos equipamentos citados, determine a densidade de pequenos objetos, como um parafuso, uma bolinha de gude e uma pedra pequena.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Densidade envolve proporcionalidade direta entre massa e volume

Ao estudar o conceito de densidade, é muito importante que você perceba que há uma **proporcionalidade direta** entre a massa e o volume de amostras de determinada substância, desde que todas essas amostras estejam em uma mesma fase e submetidas a temperatura e pressão constantes.

Para que você compreenda bem o que acabamos de mencionar, vamos considerar as densidades dos metais titânio (Figura 12) e níquel (Figura 13), a 25 °C, que são, respectivamente, 4,5 g/cm^3 e 9,0 g/cm^3.

MODE-LIST/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 12. Amostras de titânio metálico ($d = 4{,}5$ g/cm^3 a 25 °C) de diferentes tamanhos. O comprimento da amostra maior é 17 mm.

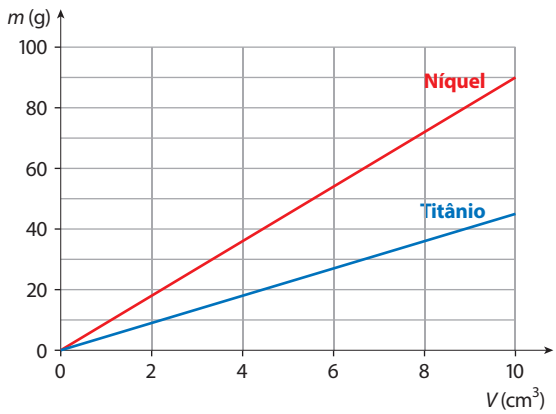
RHJ/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 13. Amostra de níquel metálico ($d = 9{,}0$ g/cm^3 a 25 °C) com 26 mm de comprimento.

Vamos construir, em um mesmo sistema de eixos, um gráfico de massa (expressa em g) em função de volume (expresso em cm^3) para cada um desses dois metais.

Para o eixo *x* (eixos das abscissas, no qual colocaremos o volume, representado por *V*), empregaremos uma escala que abrangerá de zero a 10, dividida de 2 em 2 unidades. Para o eixo *y* (eixo das ordenadas, no qual colocaremos a massa, representada por *m*), usaremos uma escala de zero a 100, dividida de 20 em 20 unidades. O gráfico resultante está na Figura 14.

Massa em função do volume para níquel e titânio a 25 °C



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em dados de RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 4. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 8, 12.

Figura 14. Gráfico que expressa a massa de amostras de níquel e de titânio em função de seu volume, a 25 °C.

O gráfico elaborado evidencia a proporcionalidade direta entre massa e volume para cada metal. Para o titânio, quando o volume dobra, a massa dobra; quando o volume triplica, a massa triplica; e assim por diante. Para o níquel, vale uma conclusão similar.

Vamos utilizar esse gráfico para fazer duas comparações interessantes entre os dois metais, a 25 °C.

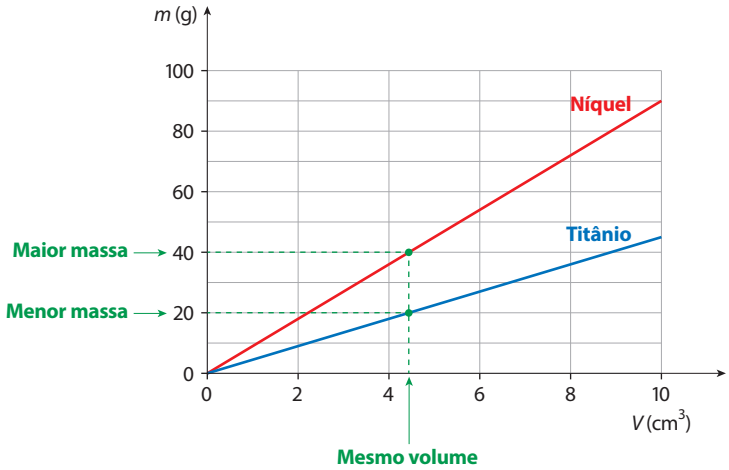
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

Como primeira comparação, considere que um pedaço de níquel e outro de titânio têm o **mesmo volume**. Qual apresentará maior massa? Podemos argumentar utilizando o gráfico elaborado?

Para responder, vamos fixar um valor no eixo *x* (isto é, vamos escolher um mesmo volume). A leitura do gráfico (indicada em verde na Figura 15) revela que o pedaço de níquel apresenta maior massa (exatamente o dobro, pois sua densidade é duas vezes maior).

Comparação entre amostras de mesmo volume de níquel e titânio



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

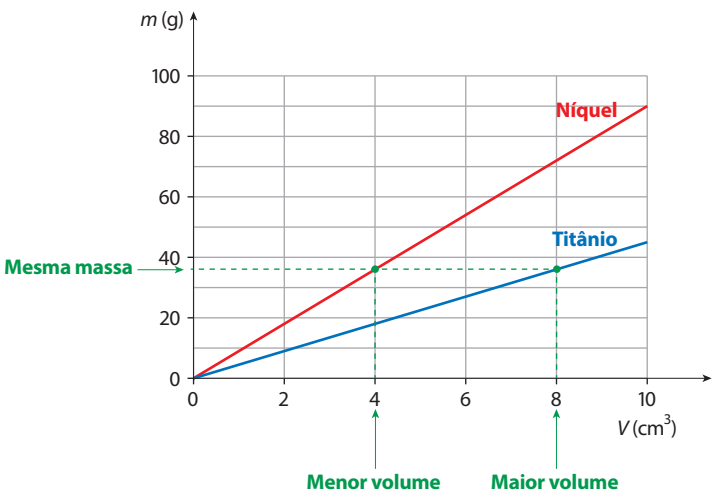
Fonte: elaborado com base em dados de RUMBLE, J. R. (ed.). *Op. cit.*

Figura 15. Considerando amostras de mesmo volume, de níquel e de titânio, a 25 °C, a de níquel tem o dobro da massa.

Como segunda comparação entre os metais, considere duas amostras, uma de níquel e outra de titânio, ambas de **mesma massa**. Como o gráfico permite deduzir qual das amostras tem maior volume?

A fim de responder, vamos fixar um valor no eixo *y* (isto é, vamos considerar uma mesma massa). É conveniente que essa massa escolhida seja menor que 45 g, para permitir leitura nas duas retas dentro da faixa de volumes representada no gráfico. A leitura do gráfico (indicada em verde na Figura 16) revela que a amostra de titânio tem maior volume (exatamente o dobro, pois sua densidade é a metade).

Comparação entre amostras de mesma massa de níquel e titânio



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado com base em dados de RUMBLE, J. R. (ed.). *Op. cit.*

Figura 16. Considerando amostras de mesma massa, de níquel e de titânio, a 25 °C, a de titânio tem o dobro do volume.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO Interpretação de gráficos

Ao estudar, é necessário interpretar informações. Isso também se aplica às informações apresentadas em gráficos. Existem diferentes tipos de gráficos e um dos mais frequentes é aquele em que se usa dois eixos cartesianos para representar uma grandeza em função de outra, ou seja, como uma grandeza varia quando a outra é modificada.

Para trabalharmos uma interpretação desse tipo, consideremos a situação proposta na questão a seguir.

(UFMG) A água é um dos principais fatores para a existência e manutenção da vida na Terra. Na superfície de águas muito frias, há uma tendência de se formar uma crosta de gelo, mas, abaixo dela, a água permanece no estado líquido. Isso permite que formas de vida como peixes e outros organismos consigam sobreviver mesmo em condições muito severas de temperatura. Analise os dois gráficos a seguir, que representam simplificadamente as variações de densidade de duas substâncias em temperaturas próximas às respectivas temperaturas de fusão (*TF*).

Gráfico I

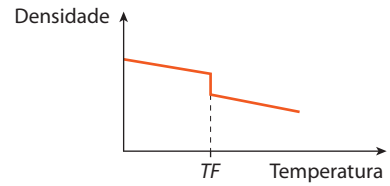
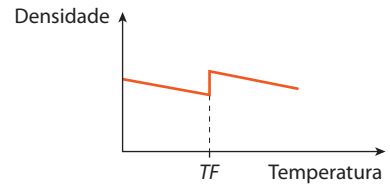


Gráfico II



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Qual é o gráfico que representa o comportamento da água: **I** ou **II**?

Justifique a sua escolha com base nas informações apresentadas e em outros conhecimentos sobre o assunto.

Os dois gráficos apresentam a grandeza temperatura no eixo horizontal e a grandeza densidade no eixo vertical:

- O **eixo horizontal**, ou **eixo *x***, de um sistema cartesiano é denominado **eixo das abscissas**, no qual se indicada o que denominamos **variável independente**.
- O **eixo vertical**, ou **eixo *y***, é o **eixo das ordenadas**. Nele, indica-se a **variável dependente**, aquela cuja variação é condicionada pelo que acontece com a variável independente.

Os gráficos **I** e **II** mostram **como a densidade** da substância **varia em função da temperatura** e deduzimos, pela pergunta, que somente um deles se aplica à substância água.

Para analisar a variação da densidade à medida que a temperatura se altera, podemos realizar sucessivas leituras, escolhendo diferentes valores de temperatura (Fig. 17). Perceba que a densidade diminui quando a temperatura é aumentada de T_1 para T_2.

A densidade diminui com o aquecimento

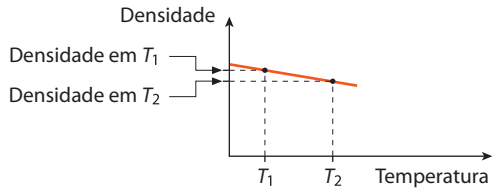


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 17. Análise dos trechos dos gráficos **I** e **II** em que a densidade diminui com o aquecimento. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Perceba que, nos gráficos **I** e **II** da questão, a densidade diminui com o aumento da temperatura em todos os trechos de reta decrescente. A diferença está no que acontece com a densidade quando, na temperatura indicada por *TF*, a substância sólida funde (Fig. 18).

Gráfico I: densidade diminui na fusão

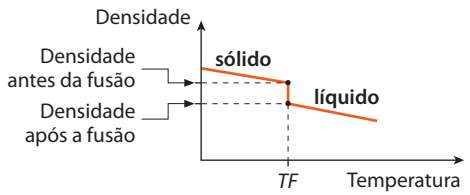
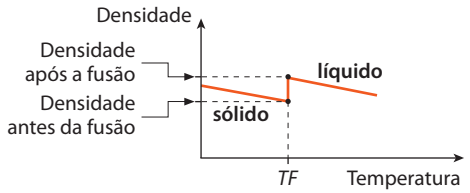


Gráfico II: densidade aumenta na fusão



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 18. Análise de como os gráficos **I** e **II** diferem quanto à variação da densidade na fusão. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Agora, vamos interpretar o trecho do enunciado que diz que na "superfície de águas muito frias, há uma tendência de se formar uma crosta de gelo, mas, abaixo dela, a água permanece no estado líquido". Se o gelo permanece acima da água líquida, sem afundar, é porque ele tem menor densidade. Portanto, o gráfico **II** é o que se aplica à substância água.

Uma resposta adequada à questão pode, por exemplo, ser assim redigida: Deduzimos do enunciado que a água em fase sólida é menos densa que a água em fase líquida. Isso está de acordo com o gráfico **II**, segundo o qual a densidade aumenta quando acontece a fusão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

22. O creme de leite, ao ser batido, incorpora minúsculas bolhas de ar em sua composição e transforma-se em chantili. Nesse processo, ocorre considerável aumento de volume. A massa antes (creme de leite) e depois (chantili) é praticamente a mesma, pois somente uma pequena massa de ar foi acrescentada. Explique qual dos dois, o creme de leite ou o chantili, apresenta menor densidade.

23. Imagine que uma cena de filme de ação mostre um ladrão colocando dez barras de ouro, de volume 1 litro cada (equiparável ao de uma embalagem de leite longa vida), dentro de um saco de pano para, a seguir, sair correndo do local do crime. Essa situação é plausível? Ou seja, ela é razoável, cabível, possível? Explique.
Para elaborar a sua resposta, considere que a densidade do ouro é 19,3 g/cm^3.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

O estouro da pipoca

Estabelecendo o problema

Para realizar essa proposta experimental, serão formadas equipes para investigar o estouro da pipoca empregando o método científico (estudado neste capítulo).

Listando observações

Cada equipe deve elaborar uma lista de observações que já fez ao estourar pipoca ou ao ver alguém fazendo isso.

Se o professor considerar oportuno, ele ou outro profissional poderá estourar pipoca na cozinha da escola para que todos observem.

Nesta fase, o foco não é explicar, mas **relatar observações**. Deixem a tentativa de explicar para mais adiante.

A princípio, pode parecer que não há nada a relatar. Mas pensem bem!

Que mudanças ocorrem com o milho? O que se pode perceber, comparando a situação inicial com a final (Fig. 19)? Algo é visto durante a transformação?

Além da visão, seus outros sentidos captam informações? Quais? Que condições devem ser aplicadas para estourar pipoca?

Que outro ingrediente é usado, além do milho apropriado? Por falar nisso, pode-se utilizar milho-verde para fazer pipoca?

SOMMAI/SHUTTERSTOCK

Figura 19. O que se pode falar da densidade do milho de pipoca antes de estourar e da pipoca, após seu estouro? Como descrever o formato final? A casca ainda é visível?

Ao final, observa-se algo na tampa da panela (ou na parte interna da porta do forno de micro-ondas)? Resta algo além da pipoca estourada? O quê?

Um representante de cada grupo deve ler a lista para a sala. Todas as observações que a classe considerar pertinentes devem ser listadas no quadro.

Propondo uma hipótese

Voltem a se reunir em equipes. Pensem sobre que substâncias devem existir dentro de um grão de milho de pipoca.

A seguir, considerando as observações feitas, discutam e proponham uma **hipótese** para explicar o estouro da pipoca. Ao final, outro representante deve apresentar a hipótese à classe.

Com a mediação do professor para organizar o debate, a classe chega a um consenso sobre a hipótese?

Elaborando uma previsão

Agora, usando a hipótese, cada equipe deve elaborar uma **previsão** que responda à pergunta: por que nem todos os grãos estouram?

Testando a previsão

Que procedimento experimental pode ser realizado para testar a previsão?

Com a **supervisão do professor**, realizem o procedimento e concluam se a hipótese deve ser aceita ou deve ser abandonada, sendo substituída por uma nova.

Relatando

Elaborem um relatório que inclua as observações listadas, a hipótese feita, a previsão a que ela conduziu, o teste feito e as conclusões tiradas. Informações sobre a estrutura de um relatório estão na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*, da seção *Em destaque* do item 3.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Determinada marca de alimentos apresenta a seguinte inscrição na embalagem: "não contém substâncias químicas". 1. e

Do ponto de vista científico, essa afirmação:

a. é correta, pois enfatiza que o alimento não é prejudicial à saúde.

b. é correta, já que é um importante esclarecimento ao consumidor.

c. é correta, porque expressa preocupação com a saúde das pessoas.

d. é incorreta, pois só se pode afirmar isso após a realização de testes com o produto.

e. é incorreta, já que o produto certamente contém substâncias químicas.

2. Nas embalagens usadas por uma padaria para embalar seus produtos de panificação consta a seguinte inscrição: "pão sem química". 2. a

Do ponto de vista das Ciências da Natureza, essa inscrição:

a. é incorreta, porque o processo de panificação envolve substâncias químicas e reações químicas.

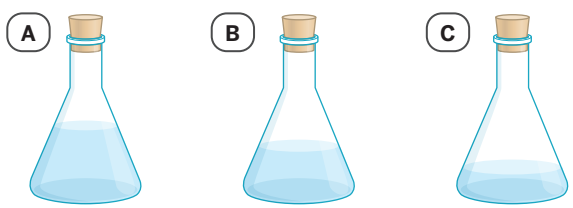
b. é incorreta, pois o pão pode ou não conter química.

c. é correta, pois o pão é um produto que não inclui substâncias tóxicas.

d. é correta, porque, embora existam substâncias no pão, elas não são produzidas em indústrias químicas e, assim, não são substâncias químicas.

e. pode ser correta ou incorreta, dependendo do tipo de aditivos incorporados na receita do pão produzido por essa padaria.

3. Em três frascos iguais, que chamaremos **A**, **B** e **C**, foram colocadas massas iguais dos líquidos incolores benzeno (d = 0,88 g/cm^3), água (d = 1,0 g/cm^3) e clorofórmio (d = 1,49 g/cm^3), um em cada frasco. Observe o desenho a seguir, que mostra os três frascos, e conclua qual é o líquido colocado em cada um. Justifique sua resposta.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação em cores meramente ilustrativas.)

4. (Enem) A bula de um antibiótico infantil, fabricado na forma de xarope, recomenda que sejam ministrados, diariamente, no máximo 500 mg desse medicamento para cada quilograma de massa do paciente. Um pediatra 4. b prescreveu a dosagem máxima desse antibiótico para ser ministrada diariamente a uma criança de 20 kg pelo período de 5 dias. Esse medicamento pode ser comprado em frascos de 10 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL e 500 mL. Os pais dessa criança decidiram comprar a quantidade exata de medicamento que precisará ser ministrada no tratamento, evitando a sobra de medicamento. Considere que 1 g desse medicamento ocupe um volume de 1 cm^3.

A capacidade do frasco, em mililitro, que esses pais deverão comprar é

a. 10.

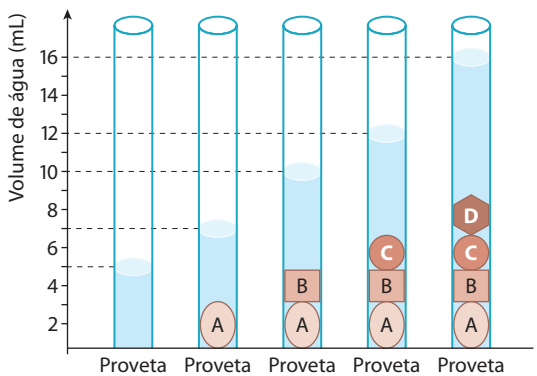
b. 50.

c. 100.

d. 250.

e. 500.

5. (Enem) As moedas despertam o interesse de colecionadores, numismatas e investidores há bastante tempo. Uma moeda de 100% cobre, circulante no período do Brasil Colônia, pode ser bastante valiosa. O elevado valor gera a necessidade de realização de testes que validem a procedência da moeda, bem como a veracidade de sua composição. Sabendo que a densidade do cobre metálico é próxima de 9 g cm^{-3}, um investidor negocia a aquisição de um lote de quatro moedas A, B, C e D fabricadas supostamente de 100% cobre e massas 26 g, 27 g, 10 g e 36 g, respectivamente. Com o objetivo de testar a densidade das moedas, foi realizado um procedimento em que elas foram sequencialmente inseridas em uma proveta contendo 5 mL de água, conforme esquematizado. 5. d



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação em cores meramente ilustrativas.)

Com base nos dados obtidos, o investidor adquiriu as moedas

a. A e B.

b. A e C.

c. B e C.

d. B e D.

e. C e D.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 2

Elementos químicos e substâncias químicas

ROGÉRIO REIS/PULSAR IMAGENS

Um fogão a lenha em cozinha localizada no Parque Estadual dos Três Picos, na cidade de Nova Friburgo, RJ, 2021. O preparo de comidas caseiras típicas é um hábito cultural presente em diversas regiões do Brasil. Alguns dos pratos comumente preparados nesse tipo de fogão são arroz carreteiro, feijão tropeiro, feijoada e mocotó.

Substâncias presentes na madeira e o gás oxigênio do ar são participantes de uma reação química chamada combustão (popularmente denominada queima) que ocorre, por exemplo, no fogão a lenha da foto de abertura. A combustão talvez tenha sido uma das primeiras reações químicas que o ser humano passou a provocar e controlar de forma consciente. Ela é de extrema importância em muitas situações práticas, nas cozinhas, nas indústrias, nos laboratórios e em diversos outros ramos da atividade humana.

O fogo possibilitou ao ser humano pré-histórico perceber que alguns materiais se alteram quando aquecidos. Descobriu-se que certos alimentos, se assados, adquiriam gosto mais agradável, o que possibilitou o sugimento da culinária.

Também no período pré-histórico, o ser humano percebeu que objetos de argila molhada, quando secavam ao fogo, tornavam-se rígidos e impermeáveis, portanto mais úteis do que se secassem simplesmente ao sol. Iniciava-se, assim, o uso e o desenvolvimento da técnica para produzir objetos cerâmicos, ainda hoje empregada na produção de tijolos, telhas, vasos, potes, moringas, azulejos, louças sanitárias e objetos de porcelana.

Alguns povos antigos descobriram que, ao aquecer determinados minerais, era possível obter o metal cobre a partir do minério de cobre e, séculos depois, ferro a partir do minério de ferro aquecido com carvão.

A combustão é um exemplo do que os químicos chamam de reação química. Embora a expressão "reação química" seja conhecida de muitas pessoas, e até mesmo usada no dia a dia, existe uma maneira científica de definir o que vem a ser isso.

Este capítulo oferece uma visão introdutória do que é reação química. Após estudá-lo, você deverá ser capaz de dizer quais características um processo deve ter para ser classificado como uma reação química. Também neste capítulo, você conhecerá uma teoria proposta no início do século XIX que incluiu uma concepção teórica do que é uma transformação química.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Substâncias químicas e misturas

Uma **substância química** é uma **porção de matéria que tem propriedades bem definidas que lhe são características**. Entre essas propriedades estão a temperatura de fusão (*TF*), a temperatura de ebulição (*TE*), a densidade (*d*), a inflamabilidade, a cor etc. Duas substâncias diferentes podem, eventualmente, possuir algumas propriedades iguais, mas nunca todas elas.

A 25 °C e 1 atm, a água (Fig. 1.A) apresenta densidade 1,0 g/cm^3 e o cloreto de sódio (Fig. 1.B, principal constituinte do sal de cozinha), 2,17 g/cm^3. Ao acrescentar cloreto de sódio à água e mexer, obtém-se uma mistura cuja densidade é diferente das substâncias puras. Verifica-se experimentalmente que uma mistura de água e cloreto de sódio, colocada em um congelador, a 1 atm, não congela a 0 °C, mas inicia seu congelamento abaixo de 0 °C (o valor exato depende do teor de sal), e a temperatura não permanece constante durante o congelamento, diminuindo gradualmente. Quando aquecida, a 1 atm, essa mistura não entra em ebulição a 100 °C. A transição de fase se inicia acima de 100 °C (o valor exato depende do teor de sal), e a temperatura aumenta progressivamente durante a ocorrência da ebulição.

Uma **substância pura**, como o próprio nome diz, está pura, ou seja, não está misturada com uma ou mais substâncias diferentes. Em geral, quando um químico remete à **substância** água, por exemplo, ele está deixando subentendido que se refere à **substância pura** água.

Já uma **mistura** é formada por duas ou mais substâncias que, a partir do momento em que são misturadas, deixam de ser consideradas puras. Elas passam a ser **componentes** da mistura. Diferentemente das substâncias puras, as misturas não apresentam propriedades bem definidas, pois suas características dependem de fatores como a proporção de seus componentes.

Podemos chamar de **fase** uma porção de uma amostra de matéria que apresenta as mesmas propriedades em toda a sua extensão. Uma fase pode apresentar-se contínua ou fragmentada em várias partes.

Considere o caso da mistura de óleo e água (Figura 2). Trata-se de uma **mistura heterogênea**, na qual uma fase é óleo e a outra fase é água. Nesse exemplo, ambas as fases são contínuas.

Em uma mistura heterogênea constituída de grafite triturado e giz escolar triturado, os grãozinhos de grafite constituem uma fase, e os grãozinhos de giz constituem outra fase. Diferentemente da mistura de água e óleo, nesse caso cada fase apresenta-se fragmentada em muitas partes.

Por outro lado, uma mistura de água e açúcar na qual todo o açúcar tenha se dispersado na água (Fig. 3) é considerada uma **mistura homogênea**, termo empregado para expressar que, na mistura, existe uma só fase.

Em destaque

Conheça algumas terminologias muito usadas

Quando certa substância é misturada à água e isso resulta numa mistura homogênea, dizemos que a substância foi **dissolvida** na água e que a mistura obtida é uma **solução aquosa**. A água – que atua dissolvendo a substância – é denominada **solvente**, e a substância nela dissolvida é chamada de **soluto**. Em uma solução aquosa de sal, por exemplo, a água é o solvente, e o sal é o soluto.

Quando dois líquidos formam mistura homogênea, dizemos que eles são **miscíveis**. A água e o álcool comum (etanol ou álcool etílico) são exemplos de líquidos miscíveis. Se, por outro lado, dois líquidos formam mistura heterogênea, dizemos que eles são **imiscíveis**. Esse é o caso da água e do óleo.

OBJETO DIGITAL Mapa clicável: Acesso à água potável no Brasil

A

Substância água

IDEA TANK/SHUTTERSTOCK

TF = 0 °C, *TE* = 100 °C, *d* = 1,0 g/cm^3

B

Substância cloreto de sódio

TAA22/SHUTTERSTOCK

TF = 801 °C, *TE* = 1.465 °C, *d* = 2,17 g/cm^3

Figura 1. Exemplos de substâncias químicas, com respectivos valores de temperatura de fusão (*TF*), a 1 atm, temperatura de ebulição (*TE*), a 1 atm, e densidade (*d*), a 25 °C e 1 atm.

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 2. Mistura (heterogênea) de água e óleo.

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Mistura (homogênea) de água e açúcar.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Efervescência

Objetivo

Provocar uma reação química e observar uma evidência de que ela ocorreu.

Material para a equipe

- dois copos grandes
- vinagre
- colher de sopa
- bicarbonato de sódio (pode ser adquirido em farmácias) (Figura 4)

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 4. Ilustração dos materiais utilizados no experimento (representação fora de proporção, rótulos fictícios e cores meramente ilustrativas).

Segurança

O vinagre não deve entrar em contato com a pele e/ou os olhos. Em caso de contato, lave abundantemente com água corrente.

Procedimento

1. Façam o experimento sobre um local que possa facilmente ser limpo. Coloquem uma colherada de bicarbonato de sódio em um dos copos. No outro, coloquem vinagre até atingir cerca de 2 centímetros de altura.
2. Observem atentamente cada um desses materiais e descrevam o aspecto deles no caderno.
3. Despejem o vinagre no copo que contém o bicarbonato de sódio. Observem o que acontece e anotem.
4. Voltem a observar o copo após 15 minutos e registrem o aspecto do que está dentro dele.
5. O conteúdo final do copo pode ser descartado em pia comum, e os copos e a colher devem ser lavados com água e sabão.

Conclusão

Troquem ideias e concluam que evidência, na opinião da equipe, indica que ocorreu uma transformação ao adicionar vinagre ao bicarbonato de sódio. Relatem procedimento, resultados e conclusões em um relatório escrito, ou em outro formato determinado pelo professor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Reação (transformação) química

O experimento descrito permite a você realizar e observar um dos muitos exemplos de reação química. Uma substância (denominada ácido acético) presente no vinagre reage quimicamente com a substância chamada bicarbonato de sódio, produzindo novas substâncias. Uma dessas substâncias produzidas é um gás (chamado dióxido de carbono, ou gás carbônico), cujo desprendimento pode ser observado (a evidência visual são as bolhas formadas) ao realizar o experimento.

Os cientistas dão muita atenção ao estudo das transformações, isto é, alterações ou modificações de qualquer natureza. Para perceber que uma transformação ocorreu, escolhem um sistema e o observam no transcorrer do tempo. Um **sistema** é uma porção de matéria que foi escolhida para ser estudada, observada. Um sistema pode ser constituído por uma substância pura ou por uma mistura de substâncias.

Para verificar a ocorrência de transformação num sistema, é necessário descrevê-lo em instantes diferentes. Ao fazer o experimento descrito anteriormente, você observou um mesmo sistema antes e depois de uma transformação que envolveu o bicarbonato de sódio e o ácido acético presente no vinagre. Quando consideramos duas observações de um sistema, feitas em instantes diferentes, dizemos que a primeira se refere ao **estado inicial** do sistema e a segunda, ao **estado final** do sistema.

Se uma ou mais substâncias, presentes no estado inicial de um sistema, transformam-se em uma ou mais substâncias diferentes, que estarão presentes no estado final, a transformação é uma **reação química**, ou **transformação química**.

Você pode estar se perguntando: como os químicos têm certeza de que uma reação química aconteceu? Bem, uma substância química é caracterizada por suas propriedades, tais como densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição, cor, odor etc. Duas substâncias diferentes podem, eventualmente, ter algumas propriedades iguais, mas nunca todas elas. Para saber se ocorreu uma reação química, precisamos comparar as propriedades das substâncias presentes no sistema, nos estados inicial e final. Consideremos um exemplo.

Enxofre rômbico (Fig. 5.A) e ferro (Fig. 5.B) são caracterizados por suas propriedades; cada qual tem sua temperatura de fusão, densidade, cor etc. (Existe outra substância, chamada enxofre monoclínico, que tem algumas propriedades distintas das do enxofre rômbico, escolhido aqui como exemplo.) Uma característica interessante do ferro é que ele é atraído por um ímã. Já o enxofre rômbico não é. Se misturarmos os dois, pulverizados, obteremos uma mistura (Fig. 6) na qual cada um dos componentes mantém suas propriedades. Isso torna possível usar um ímã para separar o ferro da mistura. Verifica-se, assim, que a simples reunião de enxofre e ferro não causa sua transformação em uma nova substância, ou seja, **não** é um exemplo de reação química.

Contudo, se essa mistura for aquecida, em condições adequadas, ocorrerá um processo no qual enxofre rômbico e ferro se transformarão num sólido preto (Fig. 7). Determinando as propriedades desse sólido preto formado, é possível perceber que são distintas das propriedades do enxofre rômbico e do ferro. Ele apresenta temperatura de fusão 1.188 °C (a 1 atm), densidade 4,74 g/cm^3 (a 25 °C e 1 atm) e não é atraído por um ímã. Trata-se de uma substância química diferente do enxofre rômbico e do ferro, que é denominada sulfeto de ferro(II).

Conforme mencionamos anteriormente, quando uma ou mais substâncias transformam-se em uma ou mais substâncias diferentes, essa transformação é denominada **reação química**, ou **transformação química**. Assim, se enxofre rômbico e ferro são aquecidos juntos, ocorre uma reação química, que pode ser assim representada:

enxofre rômbico + ferro → sulfeto de ferro(II)

Nessa representação, o sinal de mais (+) significa "e", e a seta (→) pode ser entendida como "reagem quimicamente transformando-se em", ou, simplesmente, "transformam-se em". Portanto, está representado que enxofre rômbico e ferro transformam-se em sulfeto de ferro(II).

Reagentes e produtos

As substâncias inicialmente existentes e que se transformam em outras em uma reação química são denominadas **reagentes**, e as novas substâncias produzidas são chamadas **produtos**.

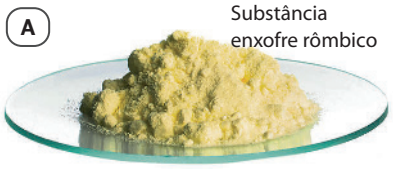
No exemplo em questão:

$$\underbrace{\text{enxofre} + \text{ferro}}_{\text{reagentes}} \rightarrow \underbrace{\text{sulfeto de ferro(II)}}_{\text{produto}}$$

Outro exemplo de reação química é a combustão (queima) do etanol no motor de veículos que o utilizem como combustível. Para que ela ocorra, é necessária a presença de gás oxigênio (proveniente do ar). Ambas as substâncias (etanol e oxigênio) transformam-se, durante a combustão completa, em duas novas substâncias: água e dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico. Trata-se de uma reação química que pode ser assim representada:

$$\underbrace{\text{etanol} + \text{gás oxigênio}}_{\text{reagentes}} \rightarrow \underbrace{\text{gás carbônico} + \text{água}}_{\text{produtos}}$$

Essa representação pode ser interpretada como: etanol e gás oxigênio transformam-se em gás carbônico e água.



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

TF = 95 °C, *TE* = 445 °C, *d* = 2,07 g/cm^3

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

TF = 1.538 °C, *TE* = 2.861 °C, *D* = 7,87 g/cm^3

Figura 5. Substâncias químicas enxofre rômbico (A) e ferro (B), com respectivos valores de temperatura de fusão (*TF*), a 1 atm, temperatura de ebulição (*TE*), a 1 atm, e densidade (*d*), a 25 °C e 1 atm.

EDUARDO SANTALIESTRA/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 6. Enxofre rômbico e ferro puros e uma mistura de ambos.

GIPHOTOSTOCK/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 7. Sulfeto de ferro(II), o produto da reação química comentada nesta página.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Exemplos de reações químicas

Para saber se houve uma reação química, é necessário comparar as propriedades das substâncias presentes nas situações inicial e final. Considere, por exemplo, que uma lata de alumínio vazia seja amassada. A substância inicialmente presente, alumínio, possui exatamente as mesmas propriedades da substância existente no final, que também é alumínio. Como amassar a lata não acarretou a formação de novas substâncias, esse fenômeno **não** é uma reação química (podendo ser denominado transformação física). Quando um objeto cai, uma folha de papel é rasgada, uma porção de areia é misturada à água, um giz é esmagado até virar pó e um prego é fincado na madeira, estamos diante de outros exemplos que **não** são reações químicas.

Certificar-se de que uma reação química ocorreu nem sempre é simples. Às vezes, só é possível em laboratórios adequadamente equipados para separar componentes das misturas obtidas e determinar suas propriedades. Há algumas evidências que **podem** estar associadas à ocorrência de reações químicas, **mas nem sempre estão**. Consideremos alguns exemplos relevantes:

- Liberação de calor: as combustões são reações químicas e, quando ocorrem, há liberação de calor (Fig. 8). Contudo, quando vapor de água condensa ou água líquida solidifica, também há liberação de calor pela água, e esses processos são transições de fase, **não** reações químicas.
- Mudança de cor: quando um alvejante é derrubado em uma roupa colorida, há uma reação química que transforma o corante da roupa em uma substância incolor ou de coloração diferente da inicial (Figura 9). Contudo, se misturarmos tinta azul e tinta amarela, veremos a coloração verde, mas **não** há reação química entre as tintas, apenas sobreposição de suas cores.
- Mudança de odor: quando frutas, carnes e outros alimentos apodrecem, ocorrem reações químicas em que substâncias presentes nos alimentos se transformam em outras, de odor diferente do original (Figura 10). No entanto, quando você destampa um frasco de perfume, sente um odor **não** porque tenha havido reação química; aconteceu evaporação de parte do perfume, e o vapor chegou até o interior do seu nariz.
- Liberação de gás: ao jogar um comprimido efervescente em água, há uma reação química que produz gás carbônico (Fig. 11). Por outro lado, quando acontece a ebulição de uma substância, formam-se bolhas de vapor, mas **não** ocorre reação, e sim mudança de fase (Fig. 12).

HOMEART/SHUTTERSTOCK

Figura 8. A combustão de querosene, gasolina, etanol, gás natural, diesel, madeira ou qualquer outro material combustível é exemplo de reação química que libera energia (no caso, luz e calor). Na foto, lampião a querosene. Há, contudo, processos que liberam calor e não são reações químicas, como é o caso da condensação e da solidificação de uma substância.

DOTTA2/NEXT IMAGE

Figura 9. Roupa colorida desbotada por alvejante.

TANUHA2001/SHUTTERSTOCK

Figura 10. Laranjas apodrecendo sob ação de fungos.

DIEGO CERVO/SHUTTERSTOCK

Figura 11. Comprimido efervescente em água: ocorre reação química que produz gás (no caso, dióxido de carbono, ou gás carbônico).

SEIKA CHUJO/SHUTTERSTOCK

Figura 12. A ebulição da água líquida produz vapor de água. Essa liberação de substância em fase gasosa **não** configura reação química, pois a substância presente ao final (água) é a mesma existente no início (água). Houve apenas mudança de fase.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Quando uma folha de papel queima, diz-se que está acontecendo uma reação química. Já quando uma folha de papel é rasgada, não está ocorrendo reação química. Explique a razão para a diferente classificação de ambos os processos.

2. Que motivos levam os químicos a classificar a deterioração dos alimentos como sendo uma reação química e o derretimento de um pedaço de gelo como **não** sendo uma reação química?

3. A obtenção do metal ferro a partir do minério de ferro chamado hematita é realizada nas indústrias siderúrgicas. Uma reação química que ocorre em fornos apropriados, nessas indústrias, pode ser assim equacionada:

$$\text{hematita} + \text{monóxido de carbono} \rightarrow \text{ferro} + \text{dióxido de carbono}$$

Sobre esse processo e sua representação, responda:

a. Qual é o significado dos sinais de mais (+)?
b. Que significa a seta (→)?
c. Que substâncias são reagentes no processo?
d. Que substâncias são produtos?
e. Por que dizemos que o processo representado é uma transformação química?

4. Interprete a seguinte representação:

$$\text{carvão} + \text{oxigênio} \rightarrow \text{gás carbônico}$$

5. Interprete o texto e, a seguir, responda à pergunta.

> Por meio das pinturas corporais, os indígenas carregam no corpo e no rosto a identidade cultural de sua comunidade. As pinturas são as marcas de muitas populações e são diferentes para cada ocasião. Feitas normalmente de elementos naturais, como urucum e jenipapo, as tinturas podem se manter na pele por dias. [...]
>
> As tinturas são preparadas de diferentes formas. Uma das mais conhecidas é feita com o jenipapo, que é retirado verde do pé e tem seu líquido extraído e, quando colocado em contato com a pele, se transforma em uma tinta preta. Algumas etnias utilizam a tinta à base de sementes de urucum, que dá uma coloração vermelha à pele; outras usam o calcário, que se encontra na terra, para obter a cor branca.

Fonte: FUNAI. **Pinturas corporais indígenas carregam marcas de identidade cultural**. Disponível em: https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2022-02/pinturas-corporais-indigenas-carregam-marcas-de-identidade-cultural. Acesso em: 15 out. 2024.

Uma das colorações de pintura corporal indígena mencionadas no texto envolve uma reação química na qual um dos reagentes é o gás oxigênio do ar. Diga qual é essa coloração e mencione o trecho do texto que indica a ocorrência dessa reação química.

LUCIOLA ZVARICK/PULSAR IMAGENS

Indígena da etnia Mehinako com pintura corporal usando os corantes vermelho e preto comentados na atividade 5, como preparativo para o ritual do Kuarup. (Município de Gaúcha do Norte, MT, 2022.)

6. (Enem) Produtos de limpeza indevidamente guardados ou manipulados estão entre as principais causas de acidentes domésticos. Leia o relato de uma pessoa que perdeu o olfato por ter misturado água sanitária, amoníaco e sabão em pó para limpar o banheiro: **A mistura ferveu e começou a sair uma fumaça asfixiante**. Não conseguia respirar e meus olhos, nariz e garganta começaram a arder de maneira insuportável. Saí correndo à procura de uma janela aberta para poder voltar a respirar. O trecho destacado poderia ser reescrito, em linguagem científica, da seguinte forma:

6. d

a. As substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza evaporaram.
b. Com a mistura química, houve produção de uma solução aquosa asfixiante.
c. As substâncias sofreram transformações pelo contato com o oxigênio do ar.
d. Com a mistura, houve transformação química que produziu rapidamente gases tóxicos.
e. Com a mistura, houve transformação química, evidenciada pela dissolução de um sólido.

7. (Enem) Entre os procedimentos recomendados para reduzir acidentes com produtos de limpeza, aquele **que deixou de ser cumprido, na situação discutida na questão anterior**, foi:

7. b

a. Não armazene produtos em embalagens de natureza e finalidade diferentes das originais.
b. Leia atentamente os rótulos e evite fazer misturas cujos resultados sejam desconhecidos.
c. Não armazene produtos de limpeza e substâncias químicas em locais próximos a alimentos.
d. Verifique, nos rótulos das embalagens originais, todas as instruções para os primeiros socorros.
e. Mantenha os produtos de limpeza em locais absolutamente seguros, fora do alcance de crianças.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Substâncias simples e substâncias compostas

Há grande diversidade de reações químicas, e boa parte das pesquisas em Química tem relação com elas. Por exemplo, a química israelense Ada Yonath recebeu o Prêmio Nobel de Química em 2009 por ter elucidado aspectos relativos às reações químicas de síntese de proteínas na célula e ao papel que as organelas chamadas ribossomos exercem nessas reações. A Figura 13 é uma foto da pesquisadora um ano antes de receber o Nobel, quando esteve na França para receber um prêmio conferido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) para Mulheres na Ciência. O reconhecimento do trabalho de Yonath, bem como de todas as mulheres que se destacam na produção científica, faz parte da valorização do **protagonismo da mulher** na sociedade.

MICHELINE PELLETIER/CORBIS HISTORICAL/GETTY IMAGES

Figura 13. Ada Yonath, química israelense nascida em 1939. (França, 2008.)

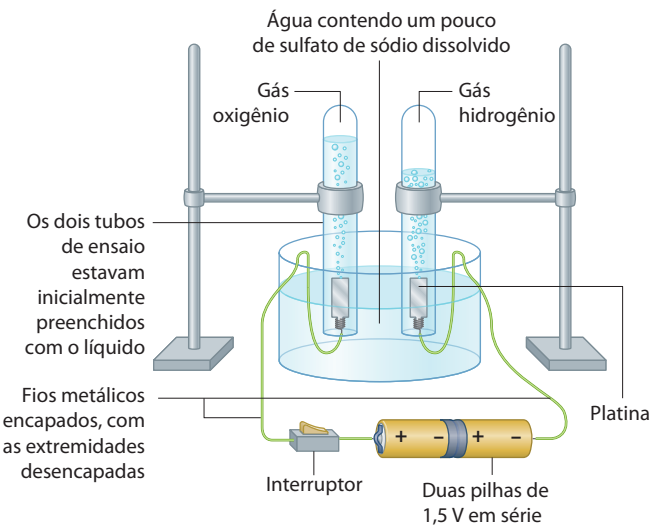
Entre os vários tipos de transformações químicas estão as reações de **decomposição**, nas quais uma única substância reagente origina como produtos duas ou mais substâncias. Vamos analisar dois exemplos.

O calcário é uma rocha constituída principalmente pela substância carbonato de cálcio. Quando essa substância (sólido branco) é aquecida a cerca de 800 °C, transforma-se em óxido de cálcio (outro sólido branco) e gás carbônico (incolor). É um exemplo de **pirólise** (do grego *piro*, fogo), ou seja, decomposição pelo calor.

carbonato de cálcio → óxido de cálcio + gás carbônico

A aparelhagem representada na Figura 14 é empregada para decompor água por meio da passagem de corrente elétrica. Algumas gotas de solução aquosa de sulfato de sódio são adicionadas à água. Essa substância não será consumida na reação química que acontecerá, mas é necessária para a mistura se tornar boa condutora de eletricidade.

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: BROWN, T. L. *et al.* **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 53.

Figura 14. Equipamento para realizar a eletrólise da água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Assim que o interruptor é ligado, observa-se o desprendimento de bolhas gasosas incolores de ambas as placas de platina. Os gases produzidos acumulam-se dentro dos tubos de ensaio, que, inicialmente, estavam totalmente preenchidos com o líquido. Após algum tempo, o sistema pode se encontrar como mostrado na figura. A passagem de corrente elétrica através da solução provoca a decomposição da água em gás hidrogênio e gás oxigênio. A decomposição pela corrente elétrica é chamada **eletrólise**.

água → gás hidrogênio + gás oxigênio

Muitos testes, principalmente nos séculos XVIII e XIX, em distintas condições experimentais, revelaram haver substâncias que podem ser decompostas. Outras, contudo, não se decompunham nas condições experimentais empregadas na época. Carbonato de cálcio, água, gás carbônico, amônia e metano, por exemplo, eram substâncias que podiam ser decompostas. Isso indicava que podem ser desmembradas em entidades químicas menos complexas. Por outro lado, constatou-se que, nas condições experimentais utilizadas, substâncias como os gases hidrogênio, oxigênio e nitrogênio não se decompunham, sugerindo que já são constituídas de algo quimicamente elementar.

Foi o desenvolvimento dessa linha de raciocínio, à luz de muitos debates científicos e evidências experimentais, que conduziu à conceituação atualmente aceita de **elemento químico**, elaborada no século XX, e que estudaremos no Capítulo 3. No item a seguir, veremos como (ainda **não** na sua forma atual) o conceito foi incluído na teoria atômica de Dalton.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Reação de decomposição

Objetivo

Investigar a ocorrência de uma reação química.

Material para a equipe

Batata crua, pires, faca, colher (de sopa), água oxigenada 10 volumes.

Segurança

A água oxigenada não deve entrar em contato com a pele e/ou os olhos. Em caso de contato, lave abundantemente com água corrente.

Procedimento

1. Cortem duas ou três rodelas da batata crua (no momento do experimento) e coloquem-nas no pires.
2. Coloquem água oxigenada na colher, observem seu aspecto e, a seguir, despejem-na sobre as rodelas de batata. Observem o que acontece e registrem os resultados.
3. As rodelas devem ser descartadas no lixo comum e os equipamentos, lavados com água e sabão.

Conclusões

A água oxigenada é uma solução aquosa. Investiguem sua composição e proponham uma explicação para o que foi observado. Relatem procedimento, resultados e conclusões em um relatório escrito, ou em outro formato determinado pelo professor. Informações sobre a estrutura de um relatório estão na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*, do Capítulo 1.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. A teoria atômica de Dalton

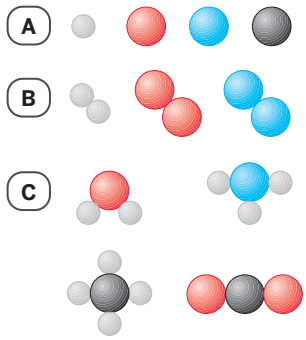
Até o início do século XIX, os químicos já tinham realizado e observado muitas reações químicas em laboratório. Entre as observações, havia muitos registros das massas de substâncias que reagem entre si e das massas dos respectivos produtos obtidos. Já se sabia que a soma das massas dos reagentes consumidos era igual à massa dos produtos formados, e que as massas dos reagentes de certa reação respeitavam determinada proporção. Contudo, a interpretação desses fatos era controversa.

Entre 1803 e 1808, o cientista inglês John Dalton (1766-1844) propôs um conjunto de hipóteses para explicar esses fatos. O conjunto de suas hipóteses foi aceito por boa parte da comunidade científica da época e ficou conhecido como **teoria atômica de Dalton**. A palavra "átomo" vem do grego e significa "indivisível". Ela foi usada pela primeira vez por alguns filósofos da Grécia Antiga, que, com base em argumentos filosóficos, propunham que todas as porções de matéria são formadas por partículas muito pequenas e indivisíveis, os átomos. As ideias desses filósofos não foram testadas experimentalmente

naquela época. Dalton, ao contrário, baseou-se nos resultados de experimentos feitos por ele e por diversos outros cientistas que o antecederam. Alguns pontos da sua teoria são:

- Todas as substâncias químicas são constituídas de **átomos**.
- Os átomos de um mesmo **elemento químico** são iguais em suas características (por exemplo, tamanho e massa).
- Os átomos de diferentes elementos químicos são diferentes entre si (por exemplo, têm massas diferentes).
- Cada substância é o resultado de uma **combinação** específica de átomos de um ou mais elementos químicos.
- Os átomos **não** são criados nem destruídos.
- Nas reações químicas, os átomos se recombinam. Uma reação química é um **rearranjo** de átomos.

Denominamos **substâncias simples** aquelas formadas por átomos de um **mesmo** elemento químico e **substâncias compostas** (ou **compostos químicos**, ou simplesmente **compostos**) aquelas formadas por átomos de **dois ou mais** elementos químicos diferentes, que se combinam sempre em uma mesma proporção. As combinações de dois ou mais átomos, iguais ou diferentes, podem formar agrupamentos que atualmente denominamos **moléculas** (Fig. 15).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 15. Representação, por meio de imagens, de como seriam, na teoria atômica de Dalton, os átomos (A) e sua combinação em substâncias simples (B) e em substâncias compostas (C). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Em destaque

Bactérias, vírus, moléculas e átomos: noções sobre o tamanho das coisas pequenas

Você já se perguntou qual o tamanho daquilo que não conseguimos enxergar a olho nu?

Para que seja possível medir o tamanho das coisas, é necessário que haja um padrão para essa medida. O Sistema Internacional de Unidades adota como padrão para expressar distâncias a unidade chamada **metro** (m). Algumas coisas cujo comprimento tem a ordem de grandeza de um metro são um violão e um cabo de vassoura.

Se dividirmos um metro em dez partes iguais, chamamos essa nova unidade de decímetro. Repare que o nome dessa nova unidade de medida é uma junção de *deci* + *metro*, indicando que um decímetro é um décimo de metro (1 dm = 0,1 m = 10^{-1} m). Um beija-flor e uma lata de alumínio usada para comercializar refrigerante são exemplos de coisas que têm tamanho próximo de um decímetro.

Objetos como um grampo de papel, a unha do dedo polegar e um grão de milho têm comprimento da ordem de grandeza de um centímetro, unidade de medida que equivale a um centésimo de metro, ou seja, um metro dividido por cem (1 cm = 0,01 m = 10^{-2} m).

Uma pulga, o buraco de uma agulha e a espessura da grafite de um lápis escolar, por exemplo, podem medir cerca de um milímetro, que é a milésima parte de um metro, isto é, um metro dividido em mil partes iguais (1 mm = 0,001 m = 10^{-3} m).

Se continuarmos subdividindo o metro, conseguiremos unidades para expressar o comprimento de objetos ainda menores. A espessura de um fio de cabelo mede cerca de um metro dividido por dez mil (10^{-4} m). Muitas células de animais e de plantas têm dimensões entre um metro dividido por cem mil (10^{-5} m) e um metro dividido por dez mil (10^{-4} m).

O micrômetro, que equivale a um metro dividido por um milhão (1 µm = 10^{-6} m), é utilizado, por exemplo, para expressar o tamanho das mitocôndrias, organelas citoplasmáticas em que ocorre a respiração celular. Muitas bactérias têm comprimento entre 10^{-6} m (Fig. 16.A) e 10^{-5} m, porém existem algumas bem menores, que medem pouco mais de um metro dividido por dez milhões (10^{-7} m). O limite de detalhamento dos microscópios de luz é cerca de $2 \cdot 10^{-7}$ m. Os vírus são ainda menores que as bactérias, medindo menos que 10^{-7} m (Fig. 16.B). Os ribossomos, organelas responsáveis pela síntese de proteínas nas células, têm dimensões da ordem de um metro dividido por cem milhões (10^{-8} m). Objetos desse tamanho estão no limite de visualização por meio de microscópios eletrônicos.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

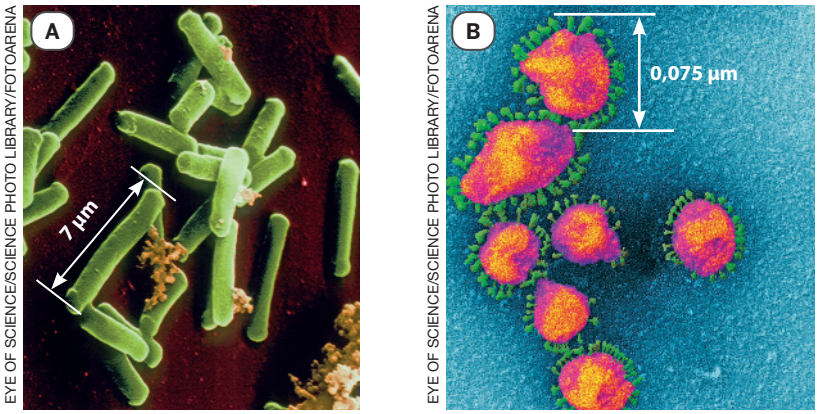


Figura 16. (A) Bactérias *Clostridium tetani*, causadoras do tétano. (B) Vírus SARS-Cov-2, causadores da covid-19. (Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura, cores meramente ilustrativas.)

O nanômetro, que corresponde a um metro dividido por um bilhão (1 nm = 10^{-9} m), representa aproximadamente a distância que seria ocupada se conseguíssemos enfileirar quatro átomos do elemento químico lítio (Li) ou três átomos do elemento químico sódio (Na) ou dois átomos do elemento químico césio (Cs). Os átomos dos diferentes elementos têm diâmetros entre 0,1 nm e 0,5 nm.

Moléculas pequenas como as de H_2O, CO_2 e NH_3 medem cerca de 0,3 nm. A molécula de colesterol, um lipídio que nosso organismo utiliza para sintetizar alguns hormônios e que entra na constituição de nossas membranas celulares, tem comprimento de aproximadamente 1,6 nm (Fig. 17.A). Existem diversos outros lipídios presentes nas membranas biológicas que têm moléculas mais longas que a de colesterol, com comprimentos por volta de 3 nm. As moléculas das proteínas são, em geral, ainda maiores que as dos lipídios, muitas delas medindo entre 3 nm e 50 nm. Por exemplo, a molécula de hemoglobina (atuante no transporte de gás oxigênio em nosso sangue, Fig. 17.B) tem comprimento de 6 nm, e a molécula de fibrinogênio (que está envolvida no processo de coagulação sanguínea), 46 nm.

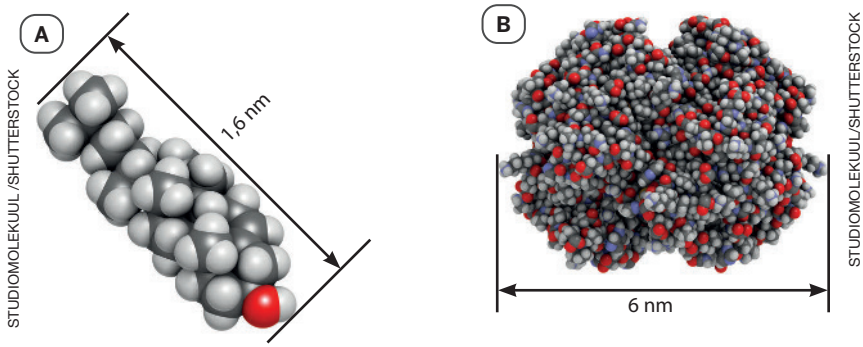


Figura 17. Modelo de uma molécula de colesterol (A) e de uma molécula de hemoglobina (B). Átomos dos elementos químicos representados por esferas em cores meramente ilustrativas (cinza-claro: hidrogênio, cinza: carbono, vermelho: oxigênio, azul: nitrogênio).

Dialogando com o texto

Elabore uma escala de tamanho dos objetos mencionados no texto da seção *Em destaque*. Para isso, em uma folha de papel, trace uma linha horizontal, ordenada da esquerda para a direita com uma seta, e escreva próximo dessa seta "tamanho expresso em metro". Marque na reta traços de divisão igualmente espaçados e escreva em cada traço, da esquerda para a direita, os valores 10^{-10}, 10^{-9}, 10^{-8}, 10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1} e 1. Uma escala como essa, na qual o valor é multiplicado por dez a cada novo intervalo, é denominada escala logarítmica.

Use a escala para indicar a dimensão dos objetos mencionados no texto. Pesquise o tamanho de outros objetos não visíveis a olho nu e registre-os também na escala.

Nessa atividade, foram abordadas entidades com dimensão da ordem de grandeza igual ou inferior a um metro. Para conhecer mais exemplos e para conhecer também a dimensão dos objetos muito grandes estudados pela Astronomia, acesse a simulação *Escala do Universo 2*. Disponível em: https://htwins.net/scale2/. Acesso em: 15 out. 2024. Para visualizar a simulação, clique na opção "Português", na tela inicial, e, a seguir, no botão "Começar". Use a barra de *zoom* ou o botão de rolagem do *mouse* para navegar por diferentes ordens de grandeza. Cada objeto é clicável, fornecendo tamanho e outras informações sobre ele.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Símbolos e fórmulas

Símbolos representam elementos

Hoje, são conhecidos mais de 100 elementos químicos. Cada um deles tem **nome** e **símbolo** próprios. O símbolo de um elemento é formado por uma ou duas letras; a primeira é maiúscula e a segunda, caso exista, é minúscula (veja exemplos no Quadro 1). Essas letras vêm, em geral, de seu nome em latim ou grego. Por isso, nem todos os símbolos têm relação lógica com o nome do elemento em português.

Quadro 1. Nomes e símbolos de alguns elementos

Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Alumínio	Al	Enxofre	S	Magnésio	Mg
Bromo	Br	Ferro	Fe	Nitrogênio	N
Cálcio	Ca	Flúor	F	Oxigênio	O
Carbono	C	Fósforo	P	Potássio	K
Cloro	Cl	Hidrogênio	H	Sódio	Na

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Ao estudar Ciências da Natureza, é essencial que você investigue por conta própria, aprenda a aprender, procure informações e questione sua veracidade. Conscientize-se de que é **você** quem atua em seu aprendizado e que pode aprender sempre mais!

Busque por fotos na internet para conhecer o aspecto (cor, brilho, estado de agregação) de alguns **elementos químicos**. Busque por cloro, bromo, iodo, cobre, alumínio, enxofre, magnésio, manganês, cálcio, titânio, estanho, prata, ouro e platina. Busque por "elemento químico" seguido do nome do elemento, pois assim você minimiza resultados em que o nome do elemento é usado em outros contextos.

No Capítulo 3, é disponibilizada uma **tabela periódica** dos elementos químicos. Ela é um instrumento de consulta. Pesquise nela os nomes e os símbolos sempre que precisar.

Fórmulas representam substâncias

As **moléculas** são entidades formadas pela união de dois ou mais átomos. Para representar as moléculas de certa substância, os químicos utilizam uma **fórmula** (Fig. 18). Você já deve ter ouvido falar que a fórmula da água é H_2O. Outros exemplos de fórmulas usadas pelos químicos são CO_2 (gás carbônico), N_2 (gás nitrogênio), O_2 (gás oxigênio), O_3 (gás ozônio), CH_4 (metano), C_2H_6O (etanol), $C_6H_{12}O_6$ (glicose), $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sacarose, ou açúcar de cana) e NH_3 (amônia).

Na fórmula que representa a molécula de uma substância, são colocados os símbolos dos elementos químicos que fazem parte de sua composição e números, os **índices** (ou **índices de atomicidade**), que indicam quantos átomos de cada elemento estão presentes na molécula. Quando o índice de atomicidade não é escrito, subentende-se que seu valor é 1. Assim, por exemplo:

- H_2O indica que a molécula de água é formada por dois átomos do elemento químico hidrogênio e um átomo do elemento químico oxigênio.
- NH_3 indica que a molécula de amônia é formada por um átomo do elemento químico nitrogênio e três átomos do elemento químico hidrogênio.

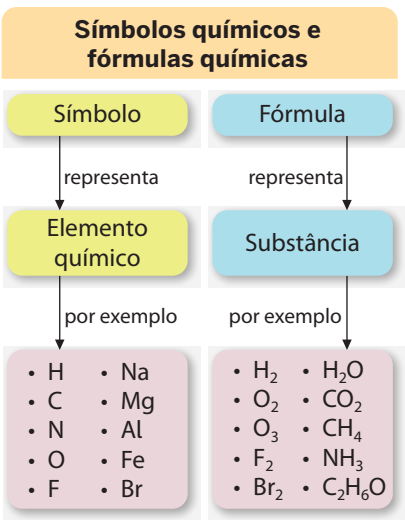


Figura 18. Uma possível esquematização da diferença entre símbolos e fórmulas.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Todas as substâncias são formadas por átomos. **Substâncias simples** são formadas por **átomos de um único elemento**, e **substâncias compostas** são formadas por **átomos de dois ou mais elementos** diferentes (Fig. 19).

A teoria de Dalton permite compreender por que substâncias compostas podem ser decompostas em outras substâncias menos complexas. É que as substâncias compostas, sendo formadas por mais de um elemento químico (Figs. 19 e 20), podem eventualmente originar, por decomposição, substâncias simples constituídas desses elementos. A água, por exemplo, é constituída dos elementos hidrogênio e oxigênio e, portanto, existe a possibilidade de que seja decomposta, em condições experimentais adequadas, formando as substâncias simples gás hidrogênio e gás oxigênio.

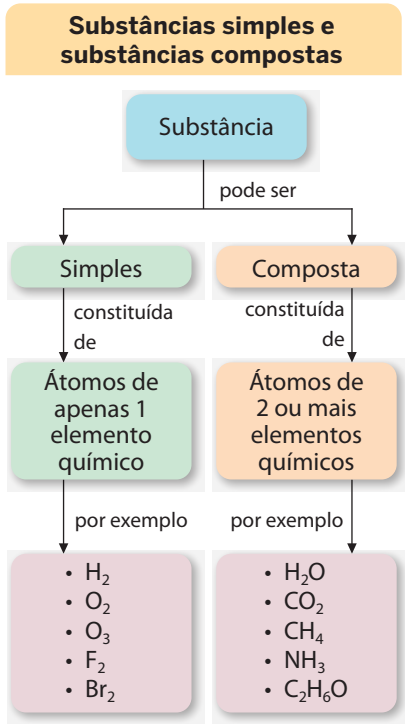
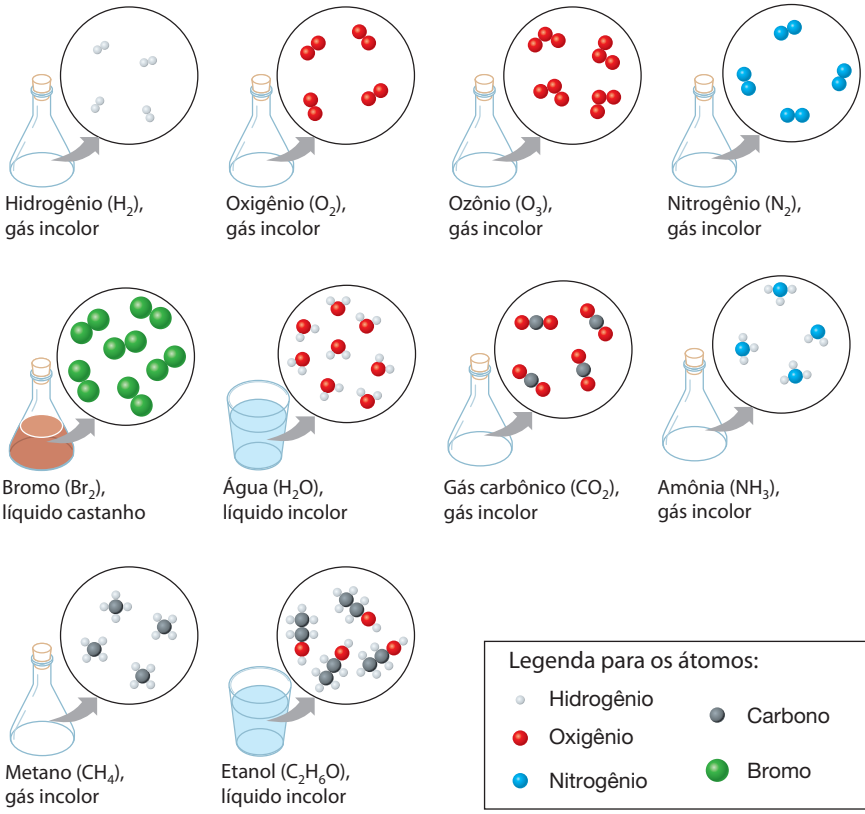


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 19. Uma possível esquematização para diferenciar conceitualmente substâncias simples de compostas.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 20. Esquema com modelos moleculares de algumas substâncias. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Nível empírico, nível teórico e nível representacional

Você chegou a um ponto muito importante dos seus estudos de Química. É o momento de perceber que essa ciência trabalha em diferentes níveis, porém diretamente relacionados: o nível empírico, o nível teórico e o nível representacional.

O "mundo" ao qual estamos acostumados – das coisas que podemos ver, sentir, perceber, tocar ou medir – é o ponto de partida para as pesquisas em Química. Dizemos que as coisas que pertencem a esse "mundo" são do nível **empírico**, ou seja, associadas às mensurações e às observações experimentais. Quando, por exemplo, falamos que a água é um líquido incolor e inodoro, estamos nos referindo a constatações empíricas. Quando dizemos que a água apresenta $TF = 0\ °C$, $TE = 100\ °C$ (ao nível do mar) e $d = 1{,}0\ g/cm^3$ (a 25 °C), estamos relatando propriedades empíricas da substância água.

Ao propor explicação para os fenômenos (acontecimentos) observados, os químicos utilizam frequentemente os conceitos de átomo e de molécula, entidades que pertencem ao nível **teórico**.

Os químicos também se valem do nível **representacional**, ou seja, do uso de representações, que incluem os símbolos (que representam os átomos dos elementos), as fórmulas (que representam as substâncias) e as equações químicas (que representam as reações químicas e serão estudadas a seguir). Símbolos, fórmulas e equações químicas fazem parte da linguagem científica usada pela Química para favorecer a comunicação e torná-la mais eficiente e precisa (Figura 21).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

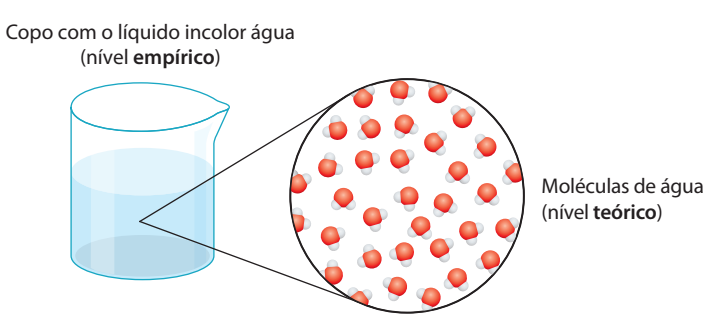


Figura 21. A Química trabalha com os níveis empírico, teórico e representacional. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Dialogando com o texto

Se houver a possibilidade de conexão com a internet, você pode usar o que aprendeu sobre a teoria atômico-molecular de Dalton para interpretar modelos digitais tridimensionais de algumas moléculas. Sugestões são listadas a seguir.

- Modelo molecular da **propanona** (ou **acetona**), solvente utilizado em alguns procedimentos de laboratório. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/propanona-esf.html.
- Modelo molecular da **ureia**, substância presente na urina resultante da metabolização de aminoácidos. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/ureia-esf.html.
- Modelo molecular da **glicina**, um dos aminoácidos que nosso organismo usa para sintetizar proteínas. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/glicina-esf.html.
- Modelo molecular da **glicose**, nutriente energético. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/glicose-esf.html.
- Modelo molecular da **glicose** do tipo esferas e varetas, em que as varetas representam as ligações químicas (uniões) entre os átomos. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/glicose-ev.html. Acessos em: 15 out. 2024.

Você também pode utilizar o simulador a seguir para montar os modelos de diversas moléculas. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_pt_BR.html. Acesso em: 15 out. 2024.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

8. A linguagem científica tem por objetivo facilitar a comunicação entre indivíduos que fazem pesquisas científicas e também entre os que estão estudando determinada ciência. Os símbolos e as fórmulas fazem parte da linguagem científica da Química e se destinam a diferentes finalidades. Qual é a finalidade de cada um?

9. O açúcar de cana, cientificamente denominado sacarose, é uma substância formada por moléculas e representada por $C_{12}H_{22}O_{11}$. Explique o significado da representação $C_{12}H_{22}O_{11}$, relacionando-a à molécula de sacarose.

10. Considere que os átomos estão representados por esferas com o seguinte código de cores:

10. b

- Elemento químico nitrogênio (N) – azul
- Elemento químico oxigênio (O) – vermelho
- Elemento químico flúor (F) – verde

De acordo com as considerações apresentadas, a ilustração representa:

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

a. uma molécula de uma substância simples que pode ser representada pela fórmula FNO.
b. uma molécula de uma substância composta que pode ser representada pela fórmula FNO.
c. três átomos de um elemento químico que pode ser representado pela fórmula FNO.
d. um átomo de um elemento químico que pode ser representado pelo símbolo FNO.

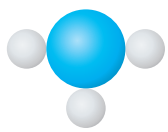
11. Considere que os átomos estão representados por esferas com o seguinte código de cores:

11. d

- Elemento químico hidrogênio (H) – cinza-claro
- Elemento químico nitrogênio (N) – azul

A ilustração representa uma molécula da substância amônia.

Essa substância pode ser representada:



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

a. pelos símbolos N + 3H.
b. pela fórmula N3H.
c. pelo símbolo NH_3.
d. pela fórmula NH_3.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

12. Considere que os átomos estão representados por esferas com o seguinte código de cores:

12. c

- Elemento químico hidrogênio (H) – cinza-claro
- Elemento químico carbono (C) – preto
- Elemento químico flúor (F) – verde

A ilustração representa a molécula de uma substância que foi usada como solvente em laboratórios.

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Essa substância:

a. é simples e pode ser representada pelos símbolos C + 2H + 2F.

b. é composta e pode ser representada pela fórmula C_2H_2F.

c. é composta e pode ser representada pela fórmula CH_2F_2.

d. é simples e pode ser representada pela fórmula C_2H_2F.

13. A vitamina C é representada por $C_6H_8O_6$.

a. Essa representação – $C_6H_8O_6$ – é um símbolo ou uma fórmula química?

b. Quantos elementos fazem parte dessa substância?

14. A hemoglobina é uma substância presente no sangue, responsável pelo transporte de oxigênio às diversas partes do corpo humano. Ela pode ser representada pela fórmula $C_{2.952}H_{4.664}O_{812}S_8Fe_4$.

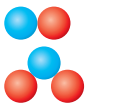
a. Quantos elementos químicos compõem essa substância?

b. Quais são o nome e o símbolo de cada um?

15. O ácido sulfúrico é a substância química produzida e comercializada em maior quantidade pela indústria química mundial. Essa substância é formada por moléculas nas quais há dois átomos de hidrogênio, um átomo de enxofre e quatro de oxigênio.

Represente o ácido sulfúrico por meio de uma fórmula.

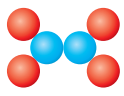
16. Nitrogênio e oxigênio são dois elementos que se combinam para formar diversas substâncias químicas diferentes. Cada um dos modelos moleculares a seguir ilustra uma diferente substância formada por eles. Considerando que as esferas azuis representam o nitrogênio e as vermelhas, o oxigênio, escreva a fórmula que representa cada uma dessas substâncias. (Nas fórmulas, escreva o símbolo do nitrogênio antes do oxigênio, pois isso é mais usual entre os químicos.)

a.


b.

c.

d.

e.


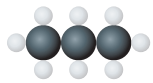
f.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

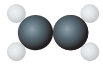
17. Carbono e hidrogênio também são dois elementos que se combinam para formar diversas substâncias químicas diferentes. Nos modelos moleculares a seguir, as esferas pretas representam o carbono e as cinza, o hidrogênio. Escreva a fórmula que representa cada uma dessas substâncias. (Escreva o símbolo do carbono antes do hidrogênio.)

a.

b.

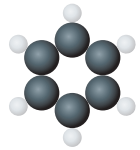
c.


d.

e.


f.

g.

h.


ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

18. Não se utilizam fórmulas químicas para representar misturas; apenas para representar substâncias puras. Explique por quê.

19. Utilizando esferas coloridas, desenhe um modelo que represente as moléculas das substâncias relacionadas a seguir.

a. HCl

b. NH_3 (O nitrogênio se une a cada um dos átomos de hidrogênio.)

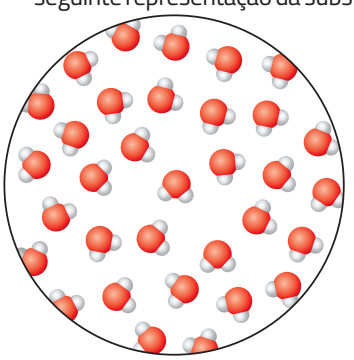
c. CF_4 (O carbono se une a cada um dos átomos de flúor.)

d. H_2O_2 (Um oxigênio se une ao outro; um hidrogênio se une a cada oxigênio.)

20. Uma professora de Química apresentou a cinco estudantes a seguinte representação da substância água em fase líquida.

20. b

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA



Representação, em nível atômico-molecular, da água em fase líquida. (Átomos representados por esferas; cores meramente ilustrativas.)

A seguir, solicitou aos estudantes que identificassem aspectos dessa representação. Das respostas mostradas a seguir, qual é incorreta?

a. Estão representadas várias moléculas de água.

b. Entre as moléculas de água existe ar.

c. As esferas maiores representam átomos do elemento oxigênio.

d. As esferas menores representam átomos do elemento hidrogênio.

e. A fórmula molecular da substância é H_2O.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Diferença entre Ciência e pseudociência

A teoria de Dalton foi considerada pela comunidade científica uma explicação plausível para a constituição da matéria durante algum tempo. No entanto, uma teoria científica deve ser aprimorada ou substituída se surgirem novas constatações que indiquem que ela não é mais satisfatória.

De fato, como mencionaremos no próximo capítulo, a concepção de Dalton sobre o átomo foi substituída por outras concepções científicas a partir da segunda metade do século XIX.

Sobre a maneira como a comunidade científica encara os saberes científicos, leia o texto transcrito a seguir:

> Dizer-se "científico" é reivindicar atenção, prestígio, um espaço privilegiado na mídia e no olhar do poder público.
>
> Como tudo que é muito valorizado, no entanto, a ciência também é alvo de falsificação. O prestígio a que a ciência faz jus vem de sua atitude fundamental de respeito pela totalidade da evidência – principalmente, pela parte que contradiz aquilo em que gostaríamos de acreditar – e de abertura à revisão crítica.
>
> Isso significa que, antes de pronunciar um resultado, o cientista deve levar em conta todos os dados relevantes para a questão que busca responder, não apenas aqueles que se conformam a sua hipótese ou que adulam seus preconceitos.
>
> Além disso, caso outros estudiosos do mesmo assunto encontrem erros em seu trabalho, ou se novos dados invalidarem a conclusão obtida, essas críticas e novidades devem ser assimiladas de modo transparente e honesto, mesmo que o resultado seja a demolição de uma hipótese que já parecia bem confirmada.
>
> É graças a essa atitude que a ciência pode reivindicar o posto de melhor descrição possível da realidade factual. Isso não significa que ela nunca erra, ou que uma descrição alternativa qualquer, obtida por outros meios, estará sempre, necessariamente, errada. Mas significa que, na maioria das vezes, havendo uma divergência entre descrições, aquela que foi produzida segundo a atitude científica é a que tem a maior chance de estar certa (ou menos errada).
>
> Quando a atitude científica básica é posta de lado, o que se obtém – e não importa quantos PhDs [doutorados], MDs [médicos diplomados] ou Prêmios Nobel estejam envolvidos – é pseudociência: uma falsificação, uma impostura. Algo que se arroga a credibilidade, o prestígio social e a atenção pública devidos à ciência sem, de fato, merecê-los.

Fonte: PASTERNAK, N.; ORSI, C. **Que bobagem!** Pseudociências e outros absurdos que não merecem ser levados a sério. São Paulo: Contexto, 2023. p. 7-8.

Uma característica do conhecimento científico é que ele é considerado **falseável**, ou seja, que novas evidências podem torná-lo falso. Perceba que falseável não quer dizer falso, mas que é permanentemente provisório.

> A pseudociência trata de sistemas de crença que buscam se validar por meio de confirmação de suas afirmações, nunca ou raramente produzindo afirmações passíveis de falseamento. [...] É usual que a pseudociência lance mão de estratégias racionais para sustentar seus sistemas de crença, dando um caráter concatenado entre as afirmações do sistema.
>
> É muito frequente, também, que esses sistemas procurem validar como científica sua compreensão do mundo. Evidentemente que não são. Justamente porque não partilham o primordial critério de demarcação do que é o conhecimento científico: seu caráter falseável.

Fonte: PILATI, R. **Ciência e pseudociência**: por que acreditamos apenas naquilo que queremos acreditar. São Paulo: Contexto, 2018. p. 105.

A força da abordagem científica está justamente neste aspecto: os saberes científicos **não são infalíveis**, ou seja, **não são verdades eternas e incontestáveis**.

Se alguém lhe apresentar um conjunto de crenças como sendo infalíveis, que explicam tudo, que resolvem tudo e que não estão sujeitas a falhas e ao contraditório, pode ter certeza de que aquilo que está sendo apresentado não é, em última análise, conhecimento científico.

> Há uma enorme quantidade de conhecimento que se traveste de científico, mas que, em essência, não possui esse predicado, pois é infalível. Nossa necessidade por conhecimento estável faz com que os sistemas de crença certos e finais tenham grande apelo. Essa busca por entendimento aumenta o impulso em acreditar naquilo que queremos acreditar, fazendo que a procura pela validação das crenças, mesmo que equivocadas, seja algo corriqueiro e invisível para nossa consciência.
>
> Alimentada por essas características, a profusão de sistemas de crença infalseáveis é imensa em nossa sociedade.
>
> [...] as pressões por acreditar em sistemas infalíveis ocorrem diariamente. Seja para o anúncio de produtos, para o entretenimento ou para a venda de livros, há inúmeros sistemas infalíveis que se apresentam como científicos, ganhando, nessa associação, força para persuadir. Mas essa persuasão apenas é eficaz para um público que não consegue discernir o que caracteriza o conhecimento científico, exatamente para diferenciá-lo do não científico.

Fonte: PILATI, R. *Op. cit.* p. 135-136.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Equação química

Equação química representa reação química

Voltemos ao exemplo da decomposição da água. Podemos representar essa reação da seguinte maneira:

água → gás hidrogênio + gás oxigênio

A água, o reagente, é formada por moléculas H_2O; o gás hidrogênio e o gás oxigênio, os produtos, têm fórmulas, respectivamente, H_2 e O_2. Essas fórmulas estão de acordo com a composição das moléculas (Fig. 22). Assim, podemos representar a reação usando as fórmulas do reagente e dos produtos:

$$H_2O \rightarrow H_2 + O_2$$

Nessa representação falta, porém, a **proporção** correta entre as quantidades de moléculas envolvidas. Uma representação mais correta é:

$$H_2O + H_2O \rightarrow H_2 + H_2 + O_2$$

Isso é o mesmo que:

$$2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2 + O_2$$

Agora sim está expressa a verdadeira **proporção entre as quantidades de moléculas** envolvidas na reação.

Esse tipo de representação é denominado **equação química**. O exemplo que acabamos de ver é a equação química que representa a reação química de decomposição da água.

Os números que indicam a proporção entre as quantidades de moléculas, em uma equação química, são chamados **coeficientes** (ou **coeficientes estequiométricos**). Na equação anterior, o coeficiente da água é 2, o do gás hidrogênio é 2 e o do gás oxigênio é 1 (que não precisa ser escrito).

Vamos estudar mais dois exemplos.

$$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$$

A equação química indica que gás nitrogênio reage com gás hidrogênio, formando a substância amônia. A **proporção** de moléculas envolvidas na reação é de 1 : 3 : 2, isto é, 1 molécula de N_2 para 3 moléculas de H_2 para 2 moléculas de NH_3.

A equação a seguir representa a reação de etanol com gás oxigênio, formando gás carbônico e água (combustão do etanol). A **proporção** de moléculas envolvidas é de 1 molécula de C_2H_6O para 3 moléculas de O_2 para 2 moléculas de CO_2 para 3 moléculas de H_2O.

$$C_2H_6O + 3\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O$$

Balanceamento de equações químicas

Analisando os exemplos de equações químicas mostrados, é possível perceber que o número de átomos de certo elemento químico é igual nos reagentes e nos produtos. Isso porque os **átomos não são destruídos nem criados** em uma reação química. Em uma reação, os átomos se rearranjam.

Quando escrevemos uma equação química, ela deve estar corretamente **balanceada**, ou seja, os coeficientes devem estar corretamente indicados. Caso contrário, não estará sendo respeitado o fato de que os **átomos se conservam**. Analise, por exemplo, a equação química:

$$N_2 + O_2 \rightarrow NO$$

Ela não está corretamente balanceada, pois há menos átomos de nitrogênio (N) e de oxigênio (O) no lado do produto, mas respeitará o princípio da conservação dos átomos se colocarmos o coeficiente 2 na frente da fórmula NO.

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2\,NO$$

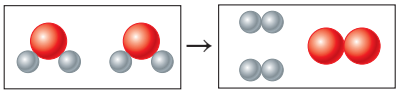


Figura 22. Representação de moléculas de reagente e produtos da reação de decomposição da água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Construam modelos que representem as moléculas de reagentes e de produtos de cada uma das reações químicas equacionadas a seguir.

Proponham o material mais adequado a ser usado e argumentem em favor da escolha.

$2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2 + O_2$

$N_2 + O_2 \rightarrow 2\,NO$

$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$

$2\,SO_2 + O_2 \rightarrow 2\,SO_3$

$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2\,H_2 + 2\,CO$

$C_2H_4 + 6\,F_2 \rightarrow 2\,CF_4 + 4\,HF$

$4\,NH_3 + 5\,O_2 \rightarrow 4\,NO + 6\,H_2O$

Verifiquem, em todos esses casos, se é respeitado o princípio da **conservação dos átomos**.

Dialogando com o texto

Para realizar o balanceamento de equações químicas, é possível explorar o simulador do endereço a seguir, que o ajudará a visualizar, com o uso de modelos moleculares, a conservação dos átomos quando as reações acontecem.

Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_pt_BR.html. Acesso em: 15 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

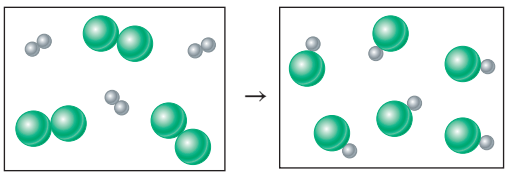
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

21. O esquema a seguir representa um sistema antes e depois de uma reação química (representação no modelo atômico de Dalton, em cores meramente ilustrativas).

As esferas cinza indicam átomos de hidrogênio e as verdes, átomos de cloro.



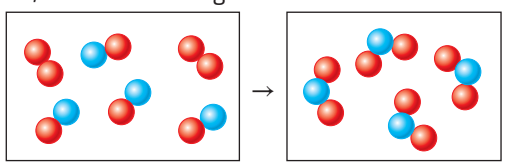
ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Os átomos que constituem as moléculas estão representados por esferas em cores meramente ilustrativas e ampliados dezenas de milhões de vezes.

a. Escreva as fórmulas dos reagentes e do produto.

b. Represente a reação que ocorreu por meio de uma equação química. Não se esqueça de balanceá-la.

22. O esquema a seguir representa um sistema antes e depois de uma reação química (representação no modelo atômico de Dalton, em cores meramente ilustrativas).
As esferas vermelhas indicam átomos de oxigênio e as azuis, átomos de nitrogênio.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Os átomos que constituem as moléculas estão representados por esferas em cores meramente ilustrativas e ampliados dezenas de milhões de vezes.

a. Escreva as fórmulas dos reagentes e do produto.

b. Represente a reação que ocorreu por meio de uma equação química. Não se esqueça de balanceá-la.

23. Equações químicas são uma representação para uma reação química. Como estudado neste capítulo, todos os átomos presentes nos reagentes devem estar presentes nos produtos. Verifique se a seguinte equação química está balanceada e, no caso de não estar, faça o balanceamento.

$$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

24. Ilustrando os átomos dos elementos químicos por meio de bolinhas coloridas, represente as moléculas dos reagentes e dos produtos da reação da atividade anterior, respeitando seu balanceamento.

25. Qual é a diferença entre as representações NO_2, $2\ NO_2$ e N_2O_4 ao se escrever uma equação química?

26. Um estudante percebeu que a seguinte equação química, que representa a fabricação da amônia (NH_3) a partir do gás nitrogênio (N_2) e do gás hidrogênio (H_2), não estava corretamente balanceada:

$$N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$$

Na tentativa de balanceá-la, ele a reescreveu assim:

$$N_2 + H_6 \rightarrow N_2H_6$$

Explique qual foi o erro cometido e proponha um procedimento para que a equação fique corretamente balanceada.

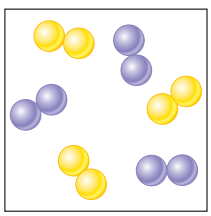
27. Na combustão do gás de cozinha (gás de botijão), ocorrem, entre outras, duas reações que merecem destaque.

Em uma delas, o propano (C_3H_8) reage com gás oxigênio (O_2), formando gás carbônico (CO_2) e vapor de água (H_2O). A outra reação é similar, porém com butano (C_4H_{10}) em vez de propano.

Equacione (com balanceamento correto) as duas reações, a combustão do propano e a do butano.

28. Em todos os desenhos esquemáticos desta atividade, esferas de mesma cor indicam átomos de um mesmo elemento químico e esferas de cores diferentes, átomos de elementos distintos.

O desenho a seguir representa moléculas inicialmente presentes em um sistema.

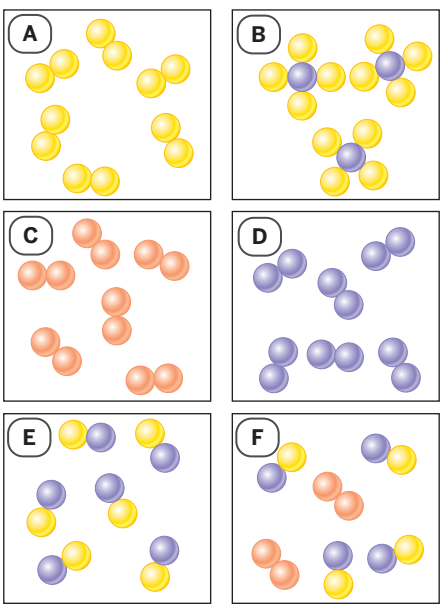


ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Os átomos que constituem as moléculas estão representados por esferas em cores meramente ilustrativas e ampliados dezenas de milhões de vezes.

Após uma reação química envolvendo essas moléculas, sabe-se que o sistema final corresponde a **um** dos desenhos a seguir. Analise-os e conclua **qual** deles corresponde à situação final do sistema.

Justifique, para **cada um** dos desenhos, por que ele pode ou não representar a situação final.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

ODS 9 ODS 12 ODS 13

Muitas coisas custam mais do que pensamos

O *preço de mercado*, ou *preço direto*, que as pessoas pagam por produtos ou serviços normalmente não incluem todos os *custos indiretos*, ou *externos*, dos danos ao ambiente e à saúde humana associados ao seu fornecimento e à sua utilização. Esses custos são frequentemente chamados de *custos ocultos*.

Por exemplo, quando alguém compra um automóvel novo, o preço inclui os custos diretos, ou internos, das matérias-primas, do trabalho, do transporte da mercadoria e uma margem de lucro. Ao utilizar um veículo, os proprietários pagam custos diretos adicionais por combustível, manutenções, reparos e seguros.

Além disso, extração e o processamento das matérias-primas dos automóveis usam recursos energéticos e minerais, perturbam ambientes, produzem resíduos sólidos e prejudiciais, poluem o ar e a água e liberam na atmosfera gases estufa que alteram o clima. Esses custos ocultos externos têm efeitos de curto e longo prazo sobre as pessoas, as economias e os sistemas planetários que sustentam a vida.

Como esses custos externos prejudiciais não estão incluídos no preço de mercado do veículo, a maioria das pessoas não os associam à posse do carro. Apesar disso os proprietários de automóveis e os demais integrantes da sociedade arcam com esses custos ocultos mais cedo ou mais tarde, devido a consequências como problemas de saúde, despesas médicas elevadas, alta de impostos para controle da poluição e degradação de capital natural.

Economistas ligados à ecologia e especialistas ambientais reivindicam a inclusão, nos preços de mercadorias e serviços, dos custos estimados dos danos ao ambiente e à saúde. Essa prática é chamada *precificação dos custos totais* e está relacionada à sustentabilidade.

Fonte: MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. **Environmental Science**. 16. ed. Boston: Cengage, 2019. (Tradução dos autores.)

Em equipes, escolham algum produto comum em seu dia a dia, como um alimento, cosmético, medicamento, aparelho eletrônico, e pesquisem etapas do seu ciclo de vida propondo quais delas geram custos ocultos que deveriam ser incluídos no seu preço de venda. Para isso, considere que o ciclo de vida completo do produto envolve etapas como fabricação, transporte, distribuição, uso, reciclagem, reutilização e disposição final (Fig. 23).

Em seguida, pesquisem o que é impacto ambiental de um material e por que ele deve ser considerado antes de descartar determinado material. Registrem as conclusões da atividade no caderno.

PROSTOCK-STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 23. O consumo de produtos e serviços pode ter impacto sobre o ambiente e a saúde das pessoas. Todo cidadão deve estar atento a isso.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MUNDO DO TRABALHO

Juventudes, consumo e vida profissional

Uma atividade como a da seção *Em destaque* anterior, sobre ciclo de vida dos produtos e custos ocultos, contribui para que sejamos **consumidores conscientes**.

> O consumidor consciente é aquele que leva em conta, ao escolher os produtos que compra, o meio ambiente, a saúde humana e animal, as relações justas de trabalho, além de questões como preço e marca.
>
> O consumidor consciente sabe que pode ser um agente transformador da sociedade por meio do seu ato de consumo. Sabe que os atos de consumo têm impacto e que, mesmo um único indivíduo, ao longo de sua vida, produzirá um impacto significativo na sociedade e no meio ambiente.

Fonte: MINISTÉRIO do Meio Ambiente. **Quem é o consumidor consciente**. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/quem-e-o-consumidor-consciente.html. Acesso em: 15 out. 2024.

Os jovens brasileiros representam uma parcela considerável da população e podem exercer papel importante em mudanças benéficas de hábitos de consumo.

Quando falamos em jovens, não estamos, contudo, nos referindo a uma categoria homogênea da população, mas sim a **juventudes** (Fig. 24), pois há inúmeras diferenças relacionadas a fatores como os mencionados no texto a seguir.

> A juventude não deve [...] ser compreendida apenas pelo critério de idade ou de transformações físicas e psicológicas, mas também em uma perspectiva da diversidade, com base em condições geográficas, sociais, culturais, étnicas, de gênero etc., que ganham contornos específicos no conjunto das experiências vivenciadas pelos indivíduos em diferentes contextos histórico-sociais.
>
> [...]
>
> Os estudos sobre a juventude apontam [...] para a necessidade de se considerar a pluralidade das culturas juvenis. As juventudes são pensadas como processos plurais de socialização, por meio de experiências cotidianas, individuais e coletivas, em diferentes contextos, o que leva os jovens a atuarem como sujeitos políticos da sociedade.

Fonte: LABES (Laboratório de Estudos Socioeducativos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro). **Juventudes**. Disponível em: https://labes.uerj.br/juventudes-s-f/. Acesso em: 15 out. 2024.

Um aspecto importante das juventudes é a aspiração a uma **colocação profissional** que esteja de acordo com seus **interesses**, **valores** e **projetos de vida**. É sobre isso que você e seus colegas, em grupos, refletirão nas atividades seguintes.

1. Que relação vocês percebem entre o conceito de consumidor consciente (apresentado no primeiro texto) e o exercício de uma atividade profissional? Em seu debate, considerem aspectos ligados à renda econômica, aos ideais pessoais, ao projeto de vida e à sua **realidade local**.
2. Na opinião dos integrantes do grupo, quais são os aspectos mais importantes a considerar na escolha de uma carreira e de uma colocação profissional?
3. Considerando o segundo texto, expliquem como "condições geográficas, sociais, culturais, étnicas [e] de gênero" podem favorecer ou dificultar a obtenção de uma qualificação profissional adequada e a entrada no mercado de trabalho. Que mecanismos possibilitam superar as dificuldades listadas?
4. Ainda considerando o segundo texto e refletindo sobre a sua **realidade local**, deem exemplos de "experiências cotidianas, individuais e coletivas, em diferentes contextos" que podem contribuir para conscientizar os jovens sobre como exercer a cidadania de maneira ampla, considerando seus direitos e seus deveres dentro da sociedade.

BRASTOCK/SHUTTERSTOCK

SERGIO PEDREIRA/ PULSAR IMAGENS

LUCIANA WHITAKER/ PULSAR IMAGENS

FABIO COLOMBINI/ ARQUIVO DO FOTÓGRAFO

Figura 24. Diversos fatores fazem com que as juventudes apresentem seus conjuntos de características próprias, o que inclui a cultura e as expectativas. (A) Jovens pataxós (Porto Seguro, BA, 2021); (B) Estudantes na biblioteca da escola (Salvador, BA, 2018); (C) Jovens do Ensino Médio em visita ao Museu de Arte Contemporânea (Niterói, RJ, 2023); (D) Estudantes yanomamis, após a aula, interagindo por redes sociais (Aldeia Maturacá, Parque Nacional do Pico da Neblina, AM, 2023).

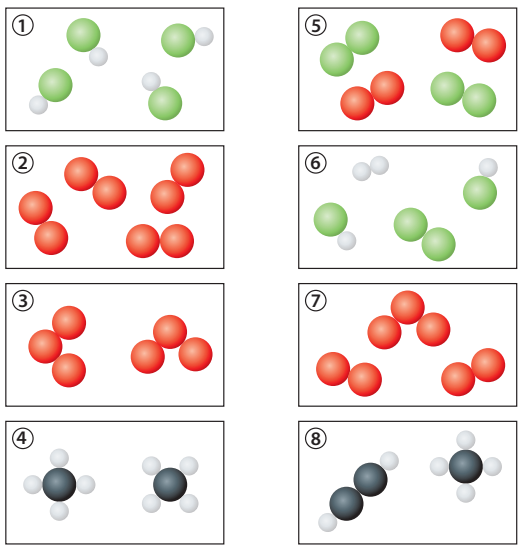
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Um dos importantes assuntos deste capítulo é a interpretação de modelos que representam as substâncias em nível molecular, (chamados **modelos moleculares**). As perguntas dos itens a seguir se referem à interpretação dos seguintes desenhos, nos quais esferas de uma mesma cor representam átomos de um mesmo elemento químico e esferas de cores diferentes representam átomos de elementos distintos.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Responda, justificando, qual(is) dos modelos representa(m):

a. substância pura simples?

b. substância pura composta?

c. mistura de substâncias?

2. Para os modelos da atividade anterior, considere a legenda:

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

- Átomo de hidrogênio
- Átomo de oxigênio
- Átomo de flúor
- Átomo de carbono

a. Procure no texto deste capítulo ou em uma tabela periódica dos elementos o símbolo de cada um desses elementos químicos e escreva-o.

b. Elabore a fórmula da(s) substância(s) representada(s) em cada um dos desenhos de 1 até 8 da atividade anterior.

3. O ar atmosférico contém predominantemente nitrogênio (N_2) e, em segundo lugar, oxigênio (O_2). O ar também contém vapor de água (H_2O), cuja quantidade é variável de local para local e de um dia para outro.

O ar contém ainda pequenas quantidades de argônio (Ar), gás carbônico (CO_2) e reduzidíssima quantidade de hélio (He), neônio (Ne), criptônio (Kr), xenônio (Xe) e radônio (Rn). Em locais poluídos, podem estar presentes, entre outros, dióxido de enxofre (SO_2), trióxido de enxofre (SO_3), ozônio (O_3), monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2).

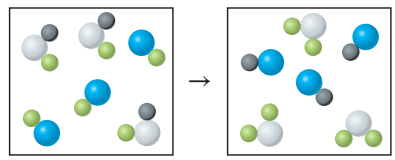
a. Pesquise na tabela periódica o nome dos elementos presentes nessas substâncias e escreva-os.

b. Quais das substâncias mencionadas são simples?

c. Quais das substâncias mencionadas são compostas?

4. (UEMG) Em um recipiente fechado, ocorre a reação representada no modelo a seguir, no qual cada bolinha simboliza um átomo:

4. d



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Baseando-se nesses dados, pode-se afirmar **corretamente** que:

a. O número de moléculas antes da reação é diferente do número de moléculas após a reação.

b. Há cinco elementos químicos participando no processo.

c. A quantidade de átomos no início é maior que a quantidade de átomos no final.

d. Duas substâncias reagem e formam duas novas substâncias.

5. O elemento químico **cloro** forma uma substância gasosa esverdeada de cheiro forte e irritante, capaz de causar lesões na pele, nos olhos, na parte interna do nariz e nos pulmões. Diversas indústrias químicas utilizam substâncias contendo o elemento químico cloro para produzir materiais usados pela sociedade.

5. c

O termo **clorofila** designa algumas substâncias presentes nas células das plantas e necessárias à ocorrência da fotossíntese. Algumas das clorofilas mais importantes têm fórmulas $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ e $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$. Apesar do nome, **nenhuma** clorofila contém o elemento cloro em sua composição.

Qual alternativa apresenta a afirmação mais razoável sobre a semelhança dos nomes **cloro** e **clorofila**?

a. O cloro é usado nas fábricas que produzem clorofila.

b. O ser humano precisa adicionar cloro ao solo para que as plantas cresçam.

c. Os dois nomes devem ter origem comum em um mesmo idioma e se referem à cor verde.

d. A clorofila é artificialmente acrescentada às plantas pelo ser humano, que utiliza cloro durante esse processo de introdução.

e. Átomos de cloro podem ser produzidos a partir de átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio ou magnésio existentes na clorofila.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 3

Modelos atômicos e tabela periódica

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 22 do volume de Física desta coleção.

DAVIDEANGELINI/SHUTTERSTOCK

Mais de trinta elementos químicos estão presentes em um telefone celular. Você sabe qual é a conceituação moderna de elemento químico? Neste capítulo, vamos apresentá-la.
Quando termina a vida útil desse tipo de equipamento, ele deve ser entregue em postos adequados de coleta. Isso porque nele existem elementos químicos de baixa abundância que precisam ser reciclados e elementos químicos altamente tóxicos que não podem se espalhar no meio ambiente.

Como estudado ao longo do Capítulo 1, as Ciências da Natureza buscam explicar os fenômenos naturais e, para isso, cientistas constantemente formulam e reformulam representações para fundamentar suas hipóteses e teorias. Tais representações se tornaram ferramentas essenciais para construir o que chamamos hoje de modelos científicos.

Atualmente, a definição de **modelos científicos** inclui um conjunto de representações que levam em consideração os fatos observados, os experimentos realizados e as hipóteses formuladas, conforme o consenso da comunidade científica. Com isso, os modelos científicos ajudam a descrever, explicar e prever os fenômenos naturais. Por ser uma interpretação humana da realidade, os modelos científicos não são a realidade em si. Portanto, devem ser sempre atualizados à medida que novos fatos são compreendidos e novas hipóteses são provadas.

Em Ciências da Natureza, a concepção de como é algo que não se pode ver ou a que não se tem acesso pode ser feita por meio de um modelo científico. Como o estudo de átomos é fundamental para a Ciência, pois eles apresentam informações básicas sobre a composição da matéria, os cientistas propuseram, com base em estudos, um modelo científico para representá-los.

Chamamos de **modelo atômico** a concepção de como é um átomo. Essa concepção é fundamentada em experimentos e em evidências indiretas. Diferentes modelos atômicos já foram propostos, e a concepção sobre o átomo tem sido alterada ao longo do tempo, à medida que surgem novas evidências. Neste capítulo, estudaremos alguns dos modelos atômicos desenvolvidos ao longo dos anos e suas características.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Átomos e a natureza elétrica da matéria

Modelo atômico de Thomson

Realizando experimentos com descargas elétricas em gases, o cientista inglês Joseph John Thomson (1856-1940) determinou, em 1897, a relação entre a carga elétrica e a massa de partículas detectadas durante a passagem de corrente elétrica por gases a baixa pressão. Ele verificou que a massa dessas partículas era aproximadamente mil e oitocentas vezes menor que a de um átomo de hidrogênio e propôs que tais partículas, posteriormente denominadas **elétrons**, tinham origem subatômica.

Thomson também reuniu evidências experimentais que sugeriam a existência de elétrons nos átomos de todos os elementos químicos. Isso o levou a propor um novo modelo atômico, segundo o qual os átomos são constituídos de uma esfera maciça de carga elétrica positiva em cujo interior há elétrons, de modo que a carga elétrica total é nula. O **modelo atômico de Thomson** colaborou para o desenvolvimento da concepção científica de átomo. Dois aspectos relevantes foram introduzidos: a existência de **cargas elétricas** na estrutura do átomo e o fato de ele **não ser indivisível**, diferentemente do que se propunha antes. Afinal, as evidências eram de que os átomos contêm elétrons que, em determinadas circunstâncias, podem ser removidos do átomo.

Entre 1909 e 1913, uma equipe de pesquisadores dirigida pelo físico estadunidense Robert Millikan (1868-1953) determinou a carga do elétron. O valor aceito atualmente é $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, no qual o símbolo C representa a unidade coulomb, usada no Sistema Internacional para expressar carga elétrica. Como decorrência dessa determinação, e usando o valor da relação carga/massa determinada por Thomson, foi possível concluir que a massa do elétron é $9{,}109 \cdot 10^{-31}$ kg.

No início do século XX, diversos pesquisadores – como o irlandês Joseph Larmor (1857-1942), o japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950), o inglês John William Nicholson (1881-1955) e o neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) – propuseram diferentes modelos atômicos buscando elucidar fenômenos experimentais que estavam sendo observados. Entretanto, nenhum desses modelos era capaz de explicar, simultaneamente, todos os fenômenos observados. Para exemplificar, comentaremos como foi desenvolvido o modelo de Rutherford.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

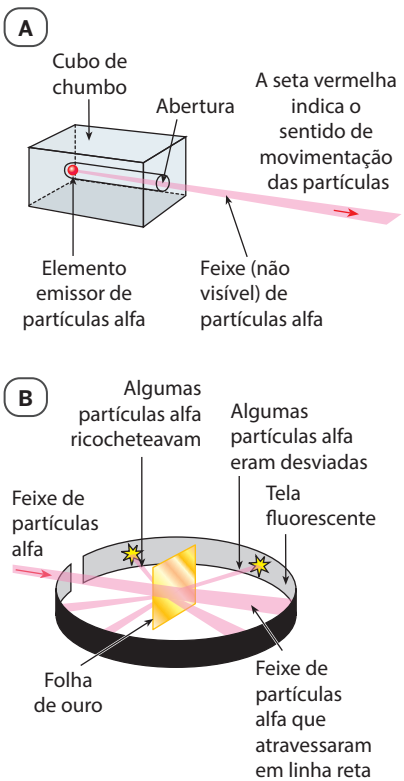
Os modelos atômicos são representações hipotéticas elaboradas para interpretar propriedades dos materiais. À medida que surgem novas informações, novos problemas e questionamentos, ao longo da história, outros modelos atômicos vão sendo propostos. Por que isso acontece? Registre sua conclusão após conversar com seu professor e colegas.

Experimento de dispersão de partículas alfa

Em 1909, o alemão Hans Geiger (1882-1945) e o inglês Ernest Marsden (1889-1970), que trabalhavam na Universidade de Manchester (Inglaterra) sob orientação de Ernest Rutherford, realizaram, por sugestão deste, uma série de experimentos para investigar a dispersão (o espalhamento) de partículas alfa ao incidirem sobre folhas metálicas de diferentes espessuras, milhares de vezes mais finas que 1 mm.

Eles usaram um elemento radioativo que emite partículas alfa a velocidades de até 30 mil km/s (Fig. 1.A). Entre outras, foi utilizada uma folha de ouro de espessura 0,00004 centímetro, correspondendo a cerca de 300 a 350 átomos desse metal enfileirados (Fig. 1.B).

Destaque as ideias do *Dialogando com o texto*. É relevante que os estudantes desenvolvam a compreensão de que as ideias científicas são permanentemente provisórias, em função do modo de trabalho da Ciência. Saliente, também, que o capítulo não se constitui em uma narrativa histórica pormenorizada, mas em uma sequência de ideias selecionadas e organizadas com interesse didático.



Fonte: TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 134.

Figura 1. Esquema do experimento de dispersão de partículas alfa. Partículas emitidas por um elemento radioativo (A) foram direcionadas a finas folhas metálicas, entre elas uma finíssima folha de ouro (B). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

As partículas alfa, como já se sabia na época, são aproximadamente 50 vezes mais leves que os átomos de ouro e apresentam carga elétrica positiva. Essas partículas atravessam papel ou tecidos bem finos. Assim, os experimentadores esperavam que praticamente todas as partículas alfa deveriam atravessar a folha de ouro em linha reta. Porém, imaginavam também que algumas partículas poderiam ter pequenos desvios, por interagirem com as cargas elétricas existentes nos átomos de ouro.

Para observar o destino das partículas (que não são visíveis), usaram uma superfície fluorescente. Cada vez que uma partícula alfa atingia essa superfície, uma cintilação era vista no local do impacto por fração de segundo. O resultado experimental evidenciou que algumas partículas alfa não atravessavam em linha reta, mas eram desviadas de sua trajetória, às vezes de modo bastante acentuado!

Modelo atômico de Rutherford

Os resultados do experimento de dispersão de partículas alfa foram analisados por Rutherford. Ele utilizou recursos de Física e Matemática para interpretar os dados obtidos e, para explicá-los, propôs, em 1911, um modelo atômico segundo o qual (1) o átomo apresenta muito mais espaço vazio que preenchido; (2) a maior parte da massa de um átomo encontra-se em uma pequena região central (à qual chamamos **núcleo**), onde está concentrada a carga positiva do átomo; (3) na região ao redor do núcleo (que chamamos **eletrosfera**) encontram-se os elétrons; e (4) o raio da eletrosfera é de dez a cem mil vezes maior que o raio do núcleo (relação que foi inferida da fração de partículas alfa desviadas).

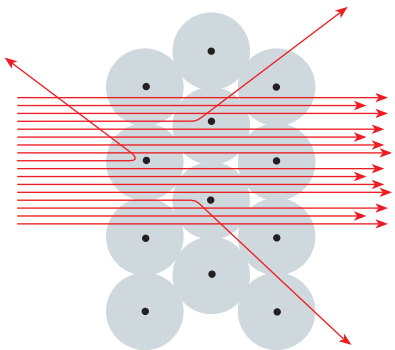
O **modelo atômico de Rutherford** explicava o fato de a maioria das partículas alfa não se desviar supondo a existência de muitos espaços vazios nos átomos. Para explicar por que poucas partículas alfa eram tão desviadas a ponto de quase retornarem na mesma direção de que vieram, Rutherford propôs que toda a carga positiva do átomo, e quase toda sua massa, estaria concentrada em um espaço pequeno (núcleo), de modo a repelir as partículas alfa (também positivas) que viessem em sua direção (Fig. 2).

Muitos outros experimentos foram necessários para uma caracterização mais detalhada do núcleo atômico. Em 1919, Rutherford observou que a colisão de partículas alfa com átomos de nitrogênio provocava a emissão de partículas idênticas a núcleos de hidrogênio. Isso fez com que ele e outros cientistas passassem a investigar a possibilidade de os núcleos de hidrogênio serem um tipo de partícula presente em todos os núcleos atômicos. Essa partícula foi chamada de **próton**, e o desenvolvimento das pesquisas determinou que sua massa é $1{,}672 \cdot 10^{-27}$ quilograma, ou seja, 1.836 vezes maior que a do elétron. A carga elétrica do próton é $+1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, isto é, positiva e igual em módulo à carga do elétron.

Ao longo da década de 1920, os estudos sobre fenômenos radioativos e a estrutura dos átomos prosseguiram. Foi observado que, para um núcleo atômico com carga correspondente à de x prótons, sua massa correspondia à de aproximadamente $2x$ prótons. Muitas tentativas de explicação esbarravam em inconsistências teóricas e experimentais.

A solução veio após a observação, em 1930, de um tipo de radiação que não tinha carga positiva (como as partículas alfa) nem negativa (como as partículas beta, outro tipo de partícula radioativa conhecida à época), mas que também não era radiação gama (uma emissão radioativa constituída de ondas eletromagnéticas).

Em 1932, o físico inglês James Chadwick (1891-1974) conseguiu caracterizar essa radiação como sendo constituída de partículas subatômicas de massa muito próxima à do próton, porém eletricamente neutra, ou seja, sem carga elétrica. Essa partícula, que foi denominada **nêutron**, localiza-se no núcleo dos átomos, juntamente com os prótons.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TIMBERLAKE, K. **General, Organic, and Biological Chemistry**: structures of life. 6. ed. Harlow: Pearson, 2021. p. 142.

Figura 2. Representação esquemática da trajetória (em vermelho) das partículas alfa e seu desvio devido à repulsão entre elas e os núcleos dos átomos de ouro (em preto). Eletrosfera esquematizada em cinza. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Para representar o núcleo de um átomo, em um trabalho escolar, um grupo de estudantes resolveu usar uma miçanga (conta de colar) de diâmetro 5 mm. Para **manter a escala** do modelo, entre quais valores deverá estar, aproximadamente, o diâmetro da eletrosfera nessa representação? Depois de realizarem os cálculos, em equipe, debatam se a miçanga é uma escolha adequada para representar o núcleo do átomo, partindo das evidências científicas e observações feitas por Rutherford. Após chegarem a uma conclusão, façam o registro e compartilhem a opinião do grupo com o restante da turma.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Elemento químico se caracteriza por número atômico

Número atômico e número de massa

O núcleo atômico dificilmente tem a estrutura alterada por fatores externos. Acontecimentos que provocam mudanças do núcleo, chamados fenômenos nucleares, são estudados pela Física e pela Química Nuclear e ocorrem, por exemplo, em estrelas e em usinas nucleares. Em **reações químicas**, o **núcleo** dos átomos **permanece inalterado**. Quando um átomo se une a outro, essa união acontece por meio de modificações na eletrosfera.

O **número de prótons** no núcleo é denominado **número atômico** e representado por ***Z***. Nas primeiras décadas do século XX, a partir de trabalhos teóricos do físico holandês Antonius van den Broek (1870-1926) e experimentais do físico britânico Henry Moseley (1887-1915), consolidou-se a ideia de que o número de cargas positivas no núcleo, o número atômico, **determina de qual elemento químico é um átomo**.

Todos os átomos de $Z = 1$ são do elemento hidrogênio, os de $Z = 2$ são de hélio, e assim por diante. Você pode **consultar** números atômicos dos elementos em uma **tabela periódica**, como a que aparece na Figura 4 deste capítulo.

A soma das quantidades de prótons e de nêutrons de um átomo é chamada **número de massa** e representada por ***A***.

Como a massa dos elétrons é muito pequena comparada à do núcleo, e como a massa do nêutron é aproximadamente igual à do próton, se as duas últimas forem consideradas iguais a 1 (em uma escala arbitrária de massa), o número de massa equivale a uma noção da massa relativa de um átomo.

Comente com os estudantes que, embora explicasse alguns resultados experimentais, o modelo de Rutherford tinha suas limitações. Por exemplo, ele era inconsistente com a Física Clássica. De acordo com a Eletrodinâmica Clássica, partículas aceleradas com carga elétrica, como os elétrons girando em torno do núcleo, deveriam emitir radiação e, assim, perder energia. Isso faria com que o raio de suas órbitas ficasse cada vez menor, até que os elétrons colidissem com o núcleo. O fato de os átomos serem estáveis significava que havia aspectos de sua estrutura não contemplados pelo modelo de Rutherford. Além disso, o modelo não explicava os espectros atômicos (item 5).

Átomos eletricamente neutros e íons

Podem existir átomos de um mesmo elemento com diferentes números de nêutrons (como veremos no item 4). Quanto ao número de elétrons, se ele for igual ao de prótons, a carga negativa (dos elétrons) compensará a carga positiva (dos prótons) e a carga total será nula (zero). Por isso, dizemos que o átomo é **eletricamente neutro**.

Representa-se o número atômico (Z) na parte inferior esquerda do símbolo e o número de massa (A) na parte superior esquerda. Por exemplo, $^{31}_{15}P$ representa um átomo de fósforo com 15 prótons ($Z = 15$), 16 nêutrons (pois $A - Z = 31 - 15 = 16$) e, se estiver eletricamente neutro, 15 elétrons.

Em alguns tipos de substâncias (que estudaremos oportunamente), há átomos que, circunstancialmente, têm número de elétrons maior ou menor que o de prótons. Nesse caso, um átomo está **eletricamente carregado** (tem carga elétrica total não nula) e é denominado **íon**.

Um íon **positivo** é chamado **cátion** e um íon **negativo** é denominado **ânion**. A carga do íon é indicada na parte superior direita. Por exemplo, $^{32}_{16}S^{2-}$ representa ânion de enxofre com 16 prótons, 16 nêutrons e 18 elétrons (pois tem excesso de dois elétrons, já que a carga indicada é 2–), e $^{56}_{26}Fe^{3+}$ representa cátion de ferro com 26 prótons, 30 nêutrons e 23 elétrons (pois tem três elétrons a menos que o átomo neutro, já que a carga indicada é 3+) .

Os íons **monovalentes**, isto é, que possuem apenas uma carga elétrica, são representados colocando-se um sinal de mais (+) ou de menos (–) no canto superior direito do símbolo. O sinal de mais indica um cátion, e o de menos, um ânion.

Para representar os íons **bivalentes** ou **divalentes** (2 cargas), **trivalentes** (3 cargas) e **tetravalentes** (4 cargas) deve-se colocar um número que indica a quantidade de cargas antes do sinal de mais ou de menos.

Assim temos, por exemplo:

- **ânions monovalentes:** F^-, Cl^-, Br^-, I^-.
- **ânions divalentes:** O^{2-}, S^{2-}, Se^{2-}.
- **ânions trivalentes:** N^{3-}, P^{3-}.
- **cátions monovalentes:** Li^+, Na^+, K^+, Ag^+, Cu^+.
- **cátions divalentes:** Mg^{2+}, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Fe^{2+}, Cu^{2+}.
- **cátions trivalentes:** Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}.
- **cátions tetravalentes:** Sn^{4+}, Pb^{4+}.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

MULTICULTURALISMO

Na composição da argila empregada para fazer peças de cerâmica artesanal, como as da Figura 3, existem íons, entre os quais K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+} e O^{2-}. Que elementos químicos formam esses íons? Quantos prótons e elétrons há em um átomo eletricamente neutro de cada um desses elementos? Quantos prótons e quantos elétrons há em cada um dos íons citados? Explique como chegou a essa conclusão.

Lembre-se de que a tabela periódica (Figura 4 deste capítulo) é um instrumento de consulta.

A respeito da Figura 3, a Comunidade Quilombola Muquém é constituída de remanescentes do Quilombo dos Palmares e fica em União dos Palmares, Alagoas. Cerca de 750 pessoas habitam essa comunidade, e as principais atividades dos moradores são artesanato, agricultura familiar para consumo próprio e corte de cana-de-açúcar em usinas. A comunidade está localizada na parte inferior da Serra da Barriga, e a região foi ocupada há mais de dois séculos por pessoas que fugiram da escravização. O reconhecimento do território pela Fundação Cultural Palmares como única remanescente direta do Quilombo dos Palmares ressalta a importância dessa comunidade para a representação da memória do povo negro no Brasil.

CESAR DINIZ/PULSAR IMAGENS

Figura 3. Escultor quilombola da Comunidade Muquém, constituída de remanescentes do Quilombo dos Palmares. (União dos Palmares, AL, 2022.)

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Modelos são parte integrante do modo de trabalho da Ciência. Considerando-se o modelo de átomo elaborado por Rutherford, quais afirmações a seguir são corretas e quais não são?

a. O núcleo é a região de menor massa do átomo.
b. Os prótons e os elétrons localizam-se no núcleo.
c. O átomo apresenta, predominantemente, espaço vazio.
d. A região central do átomo é chamada de eletrosfera.

2. Todos os átomos de um mesmo elemento químico apresentam em comum:

a. o número atômico?
b. o número de prótons?
c. o número de nêutrons?
d. o símbolo químico?

3. Átomos de $^{51}_{24}Cr$ são utilizados em Medicina, no diagnóstico de alterações ligadas aos glóbulos vermelhos.

Explique o significado dos números que aparecem ao lado do símbolo do elemento crômio na representação $^{51}_{24}Cr$.

4. Considere um átomo do elemento químico bromo, possuidor de 35 prótons, 46 nêutrons e 35 elétrons. Elabore uma representação correta para esse átomo.

5. Quantos prótons, nêutrons e elétrons apresenta o átomo que é representado por $^{55}_{25}Mn$?

6. Considere os seguintes átomos:

a. $^{12}_{6}C$ **b.** $^{17}_{8}O$ **c.** $^{13}_{7}N$ **d.** $^{27}_{13}Al$

Determine o número de prótons, de elétrons e de nêutrons de cada um deles. Para efeito de determinação do número de elétrons, considere que os átomos estão eletricamente neutros.

7. O esmalte dental contém, entre outros, íons Ca^{2+} e F^-. Qual dos dois tem mais elétrons? Justifique. (**A tabela periódica é um instrumento de consulta.**)

8. O íon $_{53}I^-$ é importante para o funcionamento normal da glândula tireoide e, por isso, deve provir, direta ou indiretamente, da alimentação. Consultando a informação necessária em uma tabela periódica, determine quantos prótons e quantos elétrons há na constituição desse ânion.

9. Um dos íons presentes no corpo humano é o $^{56}_{26}Fe^{2+}$. A ingestão desse nutriente na alimentação é importante, entre outras coisas, para a perfeita saúde circulatória, já que ele toma parte da constituição da proteína presente nas hemácias (glóbulos vermelhos) e que está envolvida na oxigenação dos tecidos, a hemoglobina. Determine quantos prótons, nêutrons e elétrons tem esse íon.

10. A cor de muitas gemas (pedras preciosas) se deve a íons presentes em sua composição química. O rubi, por exemplo, é vermelho em razão da presença de Cr^{3+}. As cores das safiras são atribuídas à presença de Co^{2+}, Fe^{2+} ou Ti^{4+}. O belo violeta característico da ametista se deve a Fe^{3+} ou Mn^{3+}. Atualmente, já é possível produzir gemas artificiais utilizando o conhecimento que os químicos adquiriram sobre elas.

Com base no texto:

a. faça uma lista com os íons mencionados;
b. procure na tabela periódica o nome e o número atômico de cada um dos elementos presentes nesses íons;
c. usando o número atômico, determine os números de prótons e de elétrons em cada íon.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Comunidades Quilombolas

Na atividade *Dialogando com o texto* do item 2, mencionamos uma Comunidade Quilombola. Vamos, agora, conhecer mais sobre a relevância dessas comunidades. Primeiramente, leia o texto a seguir, da Fundação Cultural Palmares, entidade ligada ao Ministério da Cultura do Governo Federal:

> Conforme o art. 2º do Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003, "consideram-se remanescentes das comunidades dos quilombos, para os fins deste Decreto, os grupos étnico-raciais, segundo critérios de auto-atribuição, com trajetória histórica própria, dotados de relações territoriais específicas, com presunção de ancestralidade negra relacionada com a resistência à opressão histórica sofrida."
>
> São, de modo geral, comunidades oriundas daquelas que resistiram à brutalidade do regime escravocrata e se rebelaram frente a quem acreditava serem eles sua propriedade.
>
> As comunidades remanescentes de quilombo se adaptaram a viver em regiões por vezes hostis. Porém, mantendo suas tradições culturais, aprenderam a tirar seu sustento dos recursos naturais disponíveis ao mesmo tempo em que se tornaram diretamente responsáveis por sua preservação, interagindo com outros povos e comunidades tradicionais tanto quanto com a sociedade envolvente. Seus membros são agricultores, seringueiros, pescadores, extrativistas e, dentre outras, desenvolvem atividades de turismo de base comunitária em seus territórios, pelos quais continuam a lutar.
>
> Embora a maioria esmagadora encontrem-se na zona rural, também existem quilombos em áreas urbanas e peri-urbanas.
>
> [...]
>
> [...] comunidade remanescente de quilombo é um conceito político-jurídico que tenta dar conta de uma realidade extremamente complexa e diversa, que implica na valorização de nossa memória e no reconhecimento da dívida histórica e presente que o Estado brasileiro tem com a população negra.

Fonte: Fundação Cultural Palmares. **Informações Quilombolas**. Disponível em: https://www.gov.br/palmares/pt-br/departamentos/protecao-preservacao-e-articulacao/informacoes-quilombolas. Acesso em: 15 out. 2024.

ADRIANO KIRIHARA/PULSAR IMAGENS

Figura 4. Artesãs elaborando peças com fibras de buriti na Casa da Artesã no Povoado Quilombo Marcelino (Barreirinhas, MA, 2024).

Analise agora este outro texto, que aborda problemas enfrentados por Comunidades Quilombolas e a importância dos aspectos históricos de cada uma (Figs. 4 e 5).

> Investigar como aspectos em torno dos conflitos fundiários afetam negativamente a saúde física e mental das Comunidades Quilombolas e, sobretudo, de suas lideranças foi o objetivo de um estudo conduzido pela administradora e especialista em gestão de projetos Ana Paula dos Santos Siqueira, egressa do Mestrado em Políticas Públicas em Saúde da Fiocruz Brasília. [...]
>
> [...]
>
> **De que forma os conflitos fundiários afetam a saúde das Comunidades Quilombolas?**
>
> **Ana Paula:** Os conflitos fundiários em territórios Quilombolas são um dos maiores problemas a se enfrentar para a garantia dos direitos destas Comunidades. Para tanto, é preciso compreender que a centralidade dos conflitos e violações de direitos passa pela discriminação em função da raça e pelo racismo, que ocupa a função social de dominação e manutenção de poder. Talvez seja difícil imaginar que o Brasil [...] tem como marca principal agressões baseadas no critério de raça. Mas é justamente esse critério que tem afetado significativamente a vida e a saúde da população negra, principalmente da população Quilombola, que, ao não ter seus territórios titulados, é impedida de ter acesso a diversas políticas públicas essenciais à qualidade de vida e à saúde. [...]

Mencione que as terras habitadas pelos quilombolas podem ter diferentes origens: há aquelas que foram ocupadas inicialmente por escravizados fugidos, que formavam os quilombos; doadas por senhores ou ordens religiosas; concedidas pelo Estado em troca de participação em guerras; ocupadas em processos de migração de libertos no período Pós-Abolição. Há comunidades em que houve miscigenação com povos indígenas e/ou brancos, e comunidades mais isoladas, nas quais as uniões se deram apenas entre afro-brasileiros. Presentes em todo o país, localizam-se em diferentes biomas e ecossistemas, o que impacta na forma como garantem a sua subsistência, pois têm acesso a diferentes recursos naturais e vivem em diferentes tipos de solo, clima etc. Também há especificidades ligadas à sua história e à composição das pessoas que a integram. Por exemplo, na primeira imagem desta seção, o uso do buriti pela comunidade indica que nela houve trocas culturais e, possivelmente, miscigenação de seus antepassados afro-brasileiros com pessoas pertencentes a povos indígenas, que dominavam a técnica do trançado e do tingimento da palha dessa planta nativa. Na segunda imagem, a apresentação de jongo no Quilombo Sacopã remete a uma prática de origem cultural bantu, comum entre povos que viviam nos atuais territórios da República Democrática do Congo e da Angola. Não por acaso, muitos escravizados de origem bantu chegaram ao Brasil pelo porto do Rio de Janeiro.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

[...] Conhecer as origens, a história e as especificidades de cada Comunidade Quilombola é essencial para não cairmos na armadilha colonizadora da história única [...]. As formações geográficas, estruturais e históricas de cada Quilombo podem revelar como incidem os processos discriminatórios e a carga de violência sobre seus sujeitos. Ainda há que se pensar nas questões de poder que incidem sobre as narrativas das Comunidades: como são contadas, quem as conta, quando e quantas histórias são contadas. O jeito mais simples de dizimar um povo é contar sua história por eles. Foi muito marcante nas falas [das populações entrevistadas pela pesquisadora] a luta e a importância de preservar não apenas o território, mas toda a sua territorialidade e a coletividade. Mesmo nas falas que relatam violências e agressões vividas, há esperança de um presente e um futuro de liberdade para toda a Comunidade. Essas lideranças e suas Comunidades resistem à necropolítica (que, com oportunidades desiguais, dita quem pode viver e quem deve morrer), imposta toda vez que respiram. Essa resistência é inspiração. Espero que motive e sensibilize a todos que vierem a ler o resultado desse estudo.

CHICO FERREIRA/PULSAR IMAGENS

Figura 5. Apresentação do grupo de jongo Quilombo de Camorim durante festa do Dia da Consciência Negra no Quilombo Sacopã (Rio de Janeiro, RJ, 2023). O respeito à cultura de cada Comunidade Quilombola, bem como sua preservação e transmissão, são parte integrante da luta pela conquista de seus direitos legais.

Como seu estudo pode contribuir para a defesa da vida e dos direitos das Comunidades Quilombolas?

Ana Paula: Talvez surjam alguns questionamentos sobre o que o racismo, os conflitos fundiários, a luta por direito ao território, o direito de existir e o pertencimento podem falar sobre a saúde. A resposta se configura em um mosaico de situações, agenciamentos, histórias e lutas das Comunidades Quilombolas. [...] Quando falamos sobre saúde da população negra, não podemos deixar de olhar para o passado e ver que o Brasil foi o último país a se livrar do regime escravocrata [...]. Um dos primeiros impactos sobre a saúde da população negra remete a esse período: são apenas 130 anos da chamada "liberdade", e suas marcas permanecem afetando significativamente a saúde física e mental dessa população.[...] Ainda, esperamos incomodar para que o nosso silêncio não se torne linguagem e para que a saúde da população Quilombola seja levada a sério.

Fonte: MARQUES, F. **Fala aê, mestre: Comunidades Quilombolas, direito à terra e saúde**. Disponível em: https://www.fiocruzbrasilia.fiocruz.br/fala-ae-mestre-comunidades-quilombolas-direito-a-terra-e-saude/. Acesso em: 15 out. 2024.

Em grupos, debatam as questões a seguir e registrem as conclusões. A seguir, um representante de cada grupo deve expô-las à classe e um debate geral deve ser feito para verificar pontos de consenso.

1. O primeiro texto foi publicado pela Fundação Cultural Palmares. Pesquisem qual é a finalidade da atuação dessa entidade e sua importância para a sociedade.
2. O primeiro texto fala do "reconhecimento da dívida histórica e presente que o Estado brasileiro tem com a população negra". Expliquem a que dívida o texto se refere.
3. Releiam o segundo texto e elaborem uma relação dos problemas enfrentados pelas Comunidades Quilombolas que o texto menciona direta ou indiretamente.
4. Na opinião do grupo, quais são os motivos pelos quais as Comunidades Quilombolas enfrentam os problemas mencionados, ainda que seus direitos estejam assegurados por lei? Nesse contexto, quais são as atitudes individuais e coletivas de toda a sociedade brasileira necessárias para que as Comunidades Quilombolas usufruam dos direitos que lhes são legalmente assegurados?
5. A pesquisadora entrevistada menciona o conceito de **necropolítica**. Debatam o significado desse termo a partir da explicação dada por ela, até que estejam seguros de tê-lo compreendido. Se necessário, pesquisem mais a respeito. Em seguida, expliquem por que as Comunidades Quilombolas exemplificam a resistência à necropolítica.
6. Que exemplos e argumentos o grupo usaria para explicar a alguém o que é necropolítica e por que ela está em total desacordo com os ideiais de uma sociedade democrática.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/
ARQUIVO DA EDITORA

Tabela periódica dos elementos (IUPAC)

Numeração dos grupos de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC)

É relevante ler e destacar aos estudantes o texto deste quadro.

A tabela periódica da IUPAC não destaca os elementos em diferentes cores. Nesta página, para efeito didático, utilizaram-se as cores da tabela periódica da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), que não usa a classificação semimetal:

- hidrogênio (não metal), metais e transurânicos ($Z > 92$, artificiais);
- não metais;
- gases nobres de ocorrência natural.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H hidrogênio																	2 He hélio
3 Li lítio	4 Be berílio											5 B boro	6 C carbono	7 N nitrogênio	8 O oxigênio	9 F flúor	10 Ne neônio
11 Na sódio	12 Mg magnésio											13 Al alumínio	14 Si silício	15 P fósforo	16 S enxofre	17 Cl cloro	18 Ar argônio
19 K potássio	20 Ca cálcio	21 Sc escândio	22 Ti titânio	23 V vanádio	24 Cr crômio	25 Mn manganês	26 Fe ferro	27 Co cobalto	28 Ni níquel	29 Cu cobre	30 Zn zinco	31 Ga gálio	32 Ge germânio	33 As arsênio	34 Se selênio	35 Br bromo	36 Kr criptônio
37 Rb rubídio	38 Sr estrôncio	39 Y ítrio	40 Zr zircônio	41 Nb nióbio	42 Mo molibdênio	43 Tc tecnécio	44 Ru rutênio	45 Rh ródio	46 Pd paládio	47 Ag prata	48 Cd cádmio	49 In índio	50 Sn estanho	51 Sb antimônio	52 Te telúrio	53 I iodo	54 Xe xenônio
55 Cs césio	56 Ba bário	57-71 lantanídios	72 Hf háfnio	73 Ta tântalo	74 W tungstênio	75 Re rênio	76 Os ósmio	77 Ir irídio	78 Pt platina	79 Au ouro	80 Hg mercúrio	81 Tl tálio	82 Pb chumbo	83 Bi bismuto	84 Po polônio	85 At astato	86 Rn radônio
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89-103 actinídios	104 Rf rutherfórdio	105 Db dúbnio	106 Sg seabórgio	107 Bh bóhrio	108 Hs hássio	109 Mt meitnério	110 Ds darmstádtio	111 Rg roentgênio	112 Cn copernício	113 Nh nihônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livermório	117 Ts tenesso	118 Og oganessônio

57 La lantânio	58 Ce cério	59 Pr praseodímio	60 Nd neodímio	61 Pm promécio	62 Sm samário	63 Eu európio	64 Gd gadolínio	65 Tb térbio	66 Dy disprósio	67 Ho hólmio	68 Er érbio	69 Tm túlio	70 Yb itérbio	71 Lu lutécio
89 Ac actínio	90 Th tório	91 Pa protactínio	92 U urânio	93 Np netúnio	94 Pu plutônio	95 Am amerício	96 Cm cúrio	97 Bk berquélio	98 Cf califórnio	99 Es einstênio	100 Fm férmio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr laurêncio

Quadro-legenda

número atômico

Símbolo

nome

3. A tabela periódica

Como massa atômica é um conceito que será trabalhado no Capítulo 10, os valores de massas atômicas não são mostrados aqui. Para consultá-los, use a tabela periódica do final deste livro.

OBJETO DIGITAL *Podcast*: Uma nova tabela periódica

Na Figura 6, há uma **tabela periódica**. Nela, os elementos químicos estão relacionados em **ordem crescente de número atômico**. O quadro-legenda indica como as informações estão apresentadas.

Figura 6. Tabela periódica da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), mostrando os nomes, símbolos e números atômicos dos elementos químicos. Para valores de massas atômicas, consulte a tabela periódica apresentada no final deste livro. Disponível em: https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/. Acesso em: 15 out. 2024. Nesse endereço da internet, atualizações são periodicamente disponibilizadas.

Ao consultar tabelas periódicas em outras fontes, sempre observe primeiro a legenda, pois as informações numéricas podem estar dispostas nos quadradinhos de outras maneiras.

Cada linha da tabela periódica é chamada **período**. Cada uma das colunas (numeradas de 1 a 18) é um **grupo**; elementos químicos de um mesmo grupo apresentam algumas propriedades químicas semelhantes. O grupo 1 é o dos metais **alcalinos**. Embora esteja no grupo 1, o hidrogênio não é considerado metal alcalino. Outros grupos com nomes específicos são: grupo 2 – metais **alcalinoterrosos**; grupo 16 – **calcogênios**, grupo 17 – **halogênios**; grupo 18 – **gases nobres**.

Os grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 são de **elementos representativos** e os de 3 a 12 são de **elementos de transição**. Os **lantanídios** (elementos de números atômicos de 57 a 71) e os **actinídios** (elementos de números atômicos de 89 a 103) são especificamente denominados **elementos de transição interna**.

Os **metais** formam substâncias simples que, de modo geral, conduzem bem a corrente elétrica e o calor, são facilmente transformadas em lâminas e em fios e são sólidas nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), exceto o mercúrio (Hg), que é líquido nessas condições.

Os **não metais** (ou **ametais**) formam substâncias simples que, diferentemente dos metais, não são facilmente transformadas em lâminas ou em fios e, em sua maioria, não tendem a conduzir bem calor nem corrente elétrica. Desses elementos, alguns formam substâncias simples gasosas nas condições ambientes (gás nitrogênio, gás oxigênio, gás flúor e gás cloro), um forma substância simples líquida (bromo) e os demais formam substâncias simples sólidas. Na literatura química universitária, a maioria dos autores classifica o **hidrogênio** como **não metal**.

Os **gases nobres** de ocorrência natural (He, Ne, Ar, Kr, Xe e Rn) são elementos que se caracterizam pela reduzida tendência de se combinarem quimicamente, assunto que será abordado no capítulo 4.

Alguns autores chamam de **semimetais** alguns elementos (B, Si, Ge, As, Sb, Te e Po) com propriedades "intermediárias" entre as dos metais e as dos não metais. Existe, contudo, uma tendência crescente na literatura de **não se empregar** a terminologia semimetais. Há vários anos, por exemplo, a tabela periódica da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) classifica B, Si, As e Te como não metais e Ge, Sb e Po como metais, conforme a tabela mostrada.

Os nomes dos elementos químicos vêm de diversos idiomas e têm significados variados, referindo-se, por exemplo, a propriedade do elemento, personagem mitológico, corpo celeste, localidade ou cientista.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

CIDADANIA E CIVISMO ODS 5

O elemento 109, meitnério (Mt), do sétimo período da tabela periódica, foi nomeado em homenagem à física nuclear Lise Meitner (1878-1968) (Fig. 7).

Na década de 1930, ela dividiu a liderança de uma equipe de pesquisa na síntese de novos elementos na Alemanha com o químico alemão Otto Hahn (1879-1968). No entanto, logo após a descoberta de novos elementos pela equipe, durante a Segunda Guerra Mundial, Lise precisou fugir da Alemanha por ter ancestrais judeus. (O regime nazista que vigorava na Alemanha cometeu inúmeros crimes contra a humanidade, entre eles a perseguição, a tortura e o assassinato de milhões de pessoas de ascendência judaica.)

Lise, que passou a viver na Suécia, recebeu de Hahn alguns dos resultados de suas pesquisas. Ela que foi capaz de interpretá-los, sanando as dúvidas que emergiram. Foi assim que a fissão nuclear (quebra de núcleos grandes em núcleos menores) foi entendida e esquematizada por ela, que compartilhou com o colega sua descoberta. De posse desses resultados, Otto Hahn publicou essas descobertas e recebeu o prêmio Nobel pela descoberta feita por Lise, sem que ela recebesse o devido reconhecimento.

Além da descoberta da fissão nuclear, as pesquisas de Lise Meitner foram de grande relevância para elucidar por que alguns núcleos atômicos são instáveis. Contudo, o trabalho da cientista não foi devidamente reconhecido em vida. O elemento meitnério foi nomeado em sua homenagem muitos anos após a sua morte.

KAETHE AUGENSTEIN/ULLSTEIN BILD/GETTY IMAGES

Figura 7. A física nuclear austríaca Lise Meitner, em foto de 1956.

Pesquise o significado da palavra "sexismo" e, fundamentado na história de Lise Meitner, explique por que esse caso configura um evidente exemplo de sexismo na história da Ciência.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Engajando-se contra a misoginia

OBJETO DIGITAL Carrossel de imagens: Ativismo nas redes

CIDADANIA E CIVISMO

A pesquisa proposta anteriormente na seção *Dialogando com o texto*, sobre sexismo, nos remete a um outro problema relacionado a ele, a **misoginia**.

> Quando uma opinião ultrapassa os limites da liberdade de expressão e vira uma ofensa? [...]
>
> É o caso da misoginia, crime caracterizado pelo discurso de ódio contra mulheres – diretamente relacionado às desigualdades de gênero historicamente observadas no Brasil e no mundo. Para esta primeira matéria, foram ouvidos especialistas, estudiosos e vítimas, principalmente acerca dos ataques professados nas redes sociais – território ainda mais fértil para a propagação de desinformação e ódio. Por isso, desde 2018 também é infração penal disseminar misoginia na internet.
>
> A pesquisadora Taiza de Souza Costa Ferreira, doutora da Fiocruz em Saúde da Criança e da Mulher, define a misoginia como um conjunto de ações de ódio contra mulheres. A prática, segundo ela, tem se popularizado na internet. "Temos visto um crescimento cada vez mais exacerbado da violência contra mulher no ambiente de sociabilidade digital. Por exemplo, a gente tem a criação de perfis falsos para humilhar mulheres e descredibilizar as falas delas em lugares de poder", explica.
>
> Taiza Ferreira, que também é especialista em *cyberbullying*, relaciona a misoginia com a dinâmica social patriarcal na qual a sociedade é estruturada, num contexto em que as mulheres não têm direitos iguais aos homens. Para a pesquisadora, o ódio histórico contra mulheres faz com que elas se enquadrem no conceito de grupo minoritário da sociedade. Nele, existem ainda subgrupos que sofrem mais violência de gênero, como mulheres transexuais, lésbicas, indígenas e negras. "Todas essas subcategorias são vítimas de discurso misógino", constata.

Fonte: Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. **Misoginia: mulheres são vítimas de ataques e violações de direitos na internet**. Disponível em: https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2024/julho/misoginia-mulheres-sao-vitimas-de-ataques-e-violacoes-de-direitos-na-internet. Acesso em: 15 out. 2024.

Dialogando com o texto

Informações importantes:

- A **Central de Atendimento à Mulher** pode ser acessada pelo **telefone gratuito 180**, e oferece acolhimento e orientação a mulheres que estão em situação de violência (verbal e/ou física). O serviço registra e encaminha denúncias aos órgãos competentes e orienta sobre como proceder em situação de risco iminente.
- Qualquer cidadão pode denunciar violações dos direitos da criança e do adolescente através do **Disque Direitos Humanos**, pelo **telefone gratuito 100**. Esse é um serviço para disseminar informações sobre direitos de grupos vulneráveis e para acolher denúncias de violações de direitos humanos.

Você sabia disso? Se não sabia, registre esses números e espalhe essas informações para outras pessoas.

Com a classe dividida em grupos, discutam os temas propostos a seguir.

1. Debatam a resposta à pergunta proposta no início do texto transcrito anteriormente: "Quando uma opinião ultrapassa os limites da liberdade de expressão e vira uma ofensa?" Pesquisem informações que sustentem a resposta do grupo, não esquecendo de incluir **argumentos éticos e legais**.
2. Que atitudes qualquer usuário de rede social deve ter quando depara com uma postagem misógina?
3. Qual é a responsabilidade que deve ser atribuída às redes sociais quando nelas existem postagens de ódio ou que estimulam a violência? E como essas redes devem agir no caso de indivíduos que criam perfis falsos para disseminar violência online? Como a regulamentação das redes sociais deve ser feita para que, por um lado, não impeça o direito de livre expressão (garantido pela Constituição), mas, por outro lado, impeçam discursos de ódio e estímulos à violência? Argumentem para embasar a resposta dada pelo grupo.
4. Alguns restaurantes, lanchonetes e outros estabelecimentos tem, no banheiro feminino, placas com orientações de códigos que a mulher pode usar para informar aos funcionários que está em situação de risco iminente (sob ameaça de quem a acompanha) e precisa de ajuda. Esses estabelecimentos treinam seus funcionários para que reconheçam imediatamente esses códigos e ajam adequadamente. Que ações a sociedade deve realizar para que esse procedimento seja adotado por um número maior de estabelecimentos?
5. Ainda sobre o mecanismo de ajuda descrito na atividade anterior, que ações concretas os membros do grupo podem realizar para disseminar essa informação, a fim de que mais mulheres saibam disso?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

SAÚDE MEIO AMBIENTE

Cada equipe receberá do professor os nomes de alguns elementos químicos. Com base nesses nomes, respondam às perguntas a seguir por meio de uma pesquisa que será realizada sob a orientação do professor.

Em que época, região e contexto histórico foi descoberto? De que idioma deriva o nome desse elemento e qual seu significado? Que aplicações importantes ele tem para a sociedade? É necessário à saúde humana? Em caso afirmativo, que problemas sua falta pode causar? É tóxico? Se for, que problemas pode provocar e que **medidas protetivas** – **individuais**, **coletivas** e **ambientais** – a equipe **propõe** que sejam adotadas? Que **argumentos** justificam essas medidas?

Utilizando **fontes confiáveis de informação** (veja o *Em destaque* a seguir), cada equipe deve investigar as respostas e procurar recursos digitais que auxiliem na exposição delas, como vídeos, simuladores e animações. Em dia agendado pelo professor, deve expô-las em sala aos demais colegas.

A critério do professor, o grupo também pode fazer uma postagem em redes sociais com as informações sobre cada elemento pesquisado para conhecimento da comunidade.

Em destaque

Selecionando fontes confiáveis de informação

Ao procurar informações de diversos tipos, deparamos com uma dificuldade: como saber se as informações contidas em um texto ou em uma imagem merecem nossa confiança?

Saber pesquisar informações em referências confiáveis é de extrema importância, pois informações incorretas podem colocar em risco nossa segurança, nossa saúde e até o bem-estar da sociedade.

Ao ler uma notícia, por exemplo, devemos verificar se as informações nela contidas são encontradas também em outros *sites*, jornais e/ou livros. Uma notícia divulgada apenas por uma fonte é motivo para desconfiar de sua qualidade, pois é pouco provável que uma informação relevante e verdadeira não seja divulgada por outros veículos conhecidos e de credibilidade.

Além disso, ainda que determinada informação apareça em diferentes locais, é importante conhecer a legitimidade dela. Livros, *sites* e materiais ligados a órgãos do Governo Federal ou a universidades conceituadas, por exemplo, costumam ter maior credibilidade que *sites* ou *blogs* individuais, que jornais editados de forma colaborativa ou conhecidos por divulgar informações equivocadas ou apenas parte da verdade.

Também é importante estar atento ao que encontramos em redes sociais, pois elas são terreno fértil para a divulgação de informações sem embasamento científico, enviesadas (isto é, tendenciosas) e propositalmente falsas. Busque sempre saber a formação do divulgador de conteúdo e se ele utiliza referências confiáveis para se informar. Investigue também se ele, anteriormente, divulgou outros fatos de forma correta e coerente.

Se as informações parecem exageradas ou se existem dados incompletos em meio a muitas afirmações corretas, fique atento à possível má qualidade do material. É comum que autores de notícias falsas e sensacionalistas utilizem a técnica de inserir dados mentirosos em meio a informações corretas e amplamente conhecidas, para que o leitor acredite em uma mentira sem desconfiar.

Existem *sites* para a verificação de informações, que avaliam sua veracidade e explicam o motivo de serem consideradas verdadeiras ou falsas. São instrumentos muito úteis e fáceis de usar.

Outro aspecto importante a avaliar é a qualidade da escrita e da revisão do texto divulgado. Fontes confiáveis, como editoras, costumam ter uma equipe envolvida na produção e revisão dos materiais, que corrige erros gramaticais, segue uma sequência lógica e didática, além de evitar construções de texto que poderiam gerar interpretações equivocadas pelo leitor.

Podemos também buscar referências sobre o(s) autor(es) do material. Quando não fica claro quem escreveu um texto, devemos desconfiar, pois trabalhos devem ser atribuídos a seus criadores. Além disso, é comum que notícias e textos com informações mentirosas utilizem nomes de pesquisadores que não existem ou que atribuam ao suposto autor formações acadêmicas que ele não possui.

Também é importante ter atenção à data da publicação e dos dados informados, pois é comum que trechos de notícias, falas e informações sejam compartilhados posteriormente fora do contexto original e aplicados a uma situação completamente diferente.

Pesquisar e avaliar a confiabilidade de fontes é uma habilidade que requer treino para ser desenvolvida e, sabendo a que devemos estar atentos, torna-se uma tarefa menos complexa.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Fragilidades argumentativas

A seção *Em destaque* anterior mencionou alguns cuidados que você deve ter para buscar fontes confiáveis de informação. Vamos, agora, refletir um pouco sobre a argumentação presente em um texto. Nem todo texto é de natureza argumentativa, mas, quando for, é necessário que a linha de raciocínio seja consistente e permita ao leitor compreender em que se fundamentam as conclusões apresentadas. Consideremos as primeiras linhas de um texto da internet.

> Horóscopo Semanal de 22 a 28 de julho de 2024
>
> Vamos começar a semana olhando para nosso mental? Sabe aquilo que foi manifesto na segunda semana do mês? Muito que bem! Mantenha-se mais flexível para entender que eles estão evoluindo e acontecendo, mas depende que você também aceite alguns contratempos vividos, pois a vida é uma grande surpresa. [...]

Fonte: Horóscopo virtual. Disponível em: https://www.horoscopovirtual.com.br/artigos/horoscopo-semanal-de-22-a-28-julho-2024. Acesso em: 15 out. 2024.

ARLETTE LOPEZ/SHUTTERSTOCK

Figura 8. A presença de fragilidades argumentativas pode ajudar a identificar fontes não confiáveis de informações na internet.

Abordamos a contraposição de Ciência e pseudociência no Capítulo 2. Esta seção e suas atividades possibilitam aos estudantes perceber que falhas de argumentação podem ser um sinal de que determinada fonte de informações não é confiável e/ou envolve pseudociência. O uso aqui de um trecho de previsão de horóscopo para ilustrar fragilidades argumentativas permite perceber que essas fragilidades são comuns em textos que usam termos científicos, mas, de fato, envolvem pseudociência.

O texto começa dizendo para olharmos para o "nosso mental". A palavra **mental** é um adjetivo e, sem um substantivo claramente relacionado a ele, a menção é vaga. A que se refere "mental"? Aspecto mental? Quadro mental? Desempenho mental? Crescimento mental? Cansaço mental?

Em seguida, o texto se refere àquilo "que foi manifesto na segunda semana do mês". De que se trata, já que não há qualquer outra referência anterior a essa semana? Quem escreve se refere a tudo o que aconteceu com o leitor na segunda semana do mês? Mas, se o texto se dirige a qualquer leitor, a referência é a qualquer coisa que aconteceu com qualquer pessoa na segunda semana daquele mês?

Adiante, o texto sugere que a pessoa mantenha-se "mais flexível para entender que eles estão evoluindo e acontecendo". A pergunta que surge agora é: quem está evoluindo e acontecendo? Quem são "eles"? O pronome **eles** corresponde à terceira pessoa do plural, mas nada anteriormente mencionado no texto pode ser assim designado. Teria o autor do texto usado o pronome para indicar "aquilo que foi manifesto na segunda semana do mês"? Não sabemos. Não está claro.

Por fim, o autor faz uma advertência ao leitor para que "aceite alguns contratempos vividos" e emenda a justificativa com a palavra **pois**, que, nesse contexto, é sinônimo de **porque**. Então, o conselho é: "aceite alguns contratempos vividos" por que "a vida é uma grande surpresa". Ou, em outras palavras, já que "a vida é uma grande surpresa", então você deve necessariamente aceitar "alguns contratempos vividos".

Os comentários que fizemos exemplificam **fragilidade argumentativa**, ou seja, uma linha de raciocínio que busca concluir algo, mas que não embasa essa conclusão em elementos que tenham sido citados anteriormente ou que sejam de amplo conhecimento dos leitores em geral.

Agora que você tem noção do que é fragilidade argumentativa, realize as atividades a seguir.

1. Explique por que a existência de fragilidades argumentativas pode ser um dos critérios para a escolha ou não de uma fonte de informação (Fig. 8)?
2. Busque na internet um texto (ou trecho de texto) de natureza argumentativa, preferencialmente que use termos científicos e que contenha exemplos de falhas de argumentação. Transcreva-o no caderno, indique essas falhas e prepare-se para apresentar suas conclusões em sala.
3. Pesquise um outro texto (ou trecho de texto), também argumentativo, que tenha uma linha de argumentação bem elaborada envolvendo um tema de Ciências da Natureza. Transcreva-o no caderno e destaque palavras que indicam o estabelecimento de conclusões (**pois**, **então**, **porque**, **implica, indica**). Prepare-se para expor em sala o que registrou.
4. Elabore um pequeno texto, de um ou dois parágrafos, que justifique a razão de textos argumentativos serem de grande relevância na apresentação de resultados científicos e também na divulgação de temas das Ciências da Natureza para a população em geral.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

As atividades **11** a **19** referem-se aos elementos químicos cujos símbolos estão destacados na seguinte tabela periódica:

H																He
											C	N	O	F		
Na													S	Cl	Ar	
K	Ca					Fe								Br		
	Ba								Au							
						U										

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

11. Qual(is) desses elementos químicos é (são) representativo(s)?

12. Qual(is) deles é (são) de transição?

13. Qual(is) deles é (são) de transição interna?

14. Qual(is) deles pertence(m) a um mesmo grupo?

15. Qual(is) deles pertence(m) a um mesmo período?

16. Dentre os elementos em questão, qual(is) é (são) classificado(s) como:

a. alcalino(s)?

b. alcalinoterroso(s)?

c. calcogênio(s)?

d. halogênio(s)?

e. gás (gases) nobre(s)?

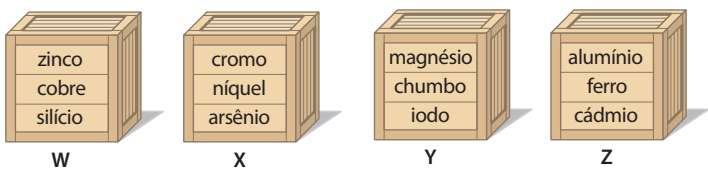
17. Ainda sobre os elementos químicos destacados, quais deles são metais?

18. De acordo com sua localização na tabela periódica, é possível dizer qual dos elementos químicos em questão possui o maior número atômico? Justifique sua resposta.

19. Quais desses elementos químicos formam substâncias simples que conduzem bem a eletricidade e o calor?

20. (Uerj) Considere as quatro caixas a seguir, que contêm diferentes materiais residuais de uma indústria:

20. d



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

A única caixa que contém apenas metais está indicada pela seguinte letra:

a. W **b.** X **c.** Y **d.** Z

21. (Cent. Univ. Senac-SP) No plantio de algodão, a deficiência de alguns elementos químicos como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, enxofre, entre outros, causa prejuízos na lavoura. Dentre esses elementos, são metais:

21. a

a. potássio, cálcio e magnésio.

b. cálcio, magnésio e boro.

c. boro, enxofre e magnésio.

d. fósforo, cálcio e enxofre.

e. nitrogênio, fósforo e potássio.

22. (Fuvest-SP) Cinco amigos resolveram usar a tabela periódica como tabuleiro para um jogo. Regras do jogo: para todos os jogadores, sorteia-se o nome de um objeto, cujo constituinte principal é determinado elemento químico. Cada um joga quatro vezes um dado e, a cada jogada, move sua peça somente ao longo de um grupo ou de um período, de acordo com o número de pontos obtidos no dado. O início da contagem é pelo elemento de número atômico 1. Numa partida, o objeto sorteado foi "latinha de refrigerante" e os pontos obtidos com os dados foram: Ana (3, 2, 6, 5), Bruno (5, 4, 3, 5), Célia (2, 3, 5, 5), Décio (3, 1, 5, 1) e Elza (4, 6, 6, 1).

22. e

H																He
Li	Be										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Assim, quem conseguiu alcançar o elemento procurado foi:

a. Ana. **b.** Bruno. **c.** Célia. **d.** Décio. **e.** Elza.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Isótopos

A maioria dos elementos químicos encontrados na natureza ocorre como dois ou mais **isótopos**, átomos de mesmo número atômico e diferentes números de nêutrons (e, consequentemente, diferentes números de massa).

Por exemplo, os isótopos naturais do magnésio são $^{24}_{12}Mg$, $^{25}_{12}Mg$ e $^{26}_{12}Mg$ e os do bromo são $^{79}_{35}Br$ e $^{81}_{35}Br$. A palavra "isótopo" vem do grego "lugar igual", em referência ao fato de os isótopos ocuparem posição coincidente na tabela periódica (mesmo elemento).

Cada isótopo tem determinada abundância natural. Por exemplo, os isótopos naturais do neônio (e suas abundâncias) são $^{20}_{10}Ne$ (90,48%), $^{21}_{10}Ne$ (0,27%) e $^{22}_{10}Ne$ (9,25%). Note que a soma das abundâncias de todos os isótopos naturais de um elemento resulta em 100%.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

23. Os três isótopos do hidrogênio são tão importantes que acabaram recebendo nomes próprios:

- **Prótio** ou **hidrogênio leve**: $^{1}_{1}H$
- **Deutério** ou **hidrogênio pesado**: $^{2}_{1}H$
- **Trítio** ou **tritério**: $^{3}_{1}H$

Qual deles não apresenta nêutrons?

24. A tabela menciona os três átomos do elemento urânio existentes na natureza.

Dados sobre três átomos de urânio

Átomo	Representação	Abundância natural (%)
Urânio-234	$^{234}_{92}U$	0,0054
Urânio-235	$^{235}_{92}U$	0,72
Urânio-238	$^{238}_{92}U$	99,27

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 1. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 83-84.

a. Os átomos mencionados são isótopos?
b. Qual deles existe em maior quantidade na natureza?
c. Qual deles existe em menor quantidade na natureza?
d. Sabe-se que, em reatores nucleares como os da usina de Angra I, no Rio de Janeiro, são úteis átomos de urânio com 143 nêutrons. Com base nessa informação, responda: Qual dos átomos mostrados é útil em tais reatores?

25. O gás nobre argônio foi descoberto em 1894. O nome, (do grego "inativo"), é alusão à sua baixa tendência de reagir quimicamente. O isótopo natural mais abundante é o argônio-40, isto é, com número de massa 40. Quantos prótons, nêutrons e elétrons apresenta esse átomo quando está eletricamente neutro? (**A tabela periódica é um instrumento de consulta.**)

26. Na hematita, minério de ferro, há íons Fe^{3+} e O^{2-}. Considerando apenas os isótopos mais abundantes desses elementos, que são ferro-56 e oxigênio-16, determine quantos prótons, nêutrons e elétrons há em cada um dos íons mencionados.

27. Considere as seguintes informações:

A. O chumbo é encontrado na natureza sob a forma de quatro isótopos:

$$^{204}_{82}Pb,\ ^{206}_{82}Pb,\ ^{207}_{82}Pb,\ ^{208}_{82}Pb$$

B. Os cientistas conhecem substâncias nas quais o chumbo ocorre como cátion bivalente, Pb^{2+}, e como cátion tetravalente, Pb^{4+}.

Vamos, agora, comparar as oito entidades químicas a seguir:

- os íons Pb^{2+} gerados a partir de cada um desses isótopos e
- os íons Pb^{4+} gerados a partir de cada um desses isótopos.

Compare, justificando, essas oito espécies químicas quanto ao número de:

a. prótons; **b.** nêutrons; **c.** elétrons.

28. Há 20 elementos químicos com um único isótopo **natural**. Investigue que elementos são esses e registre-os no caderno.

29. Em 1841, o sueco C. G. Mosander anunciou a descoberta de um elemento que ele denominou didímio, "gêmeo", porque ocorria junto com o lantânio, em rochas. Em 1885, o austríaco C. A. von Welsbach mostrou que o didímio era, de fato, uma mistura de dois elementos, que ele isolou e denominou neodímio ("novo gêmeo") e praseodímio ("gêmeo verde"). Pesquise quais são os isótopos naturais desses dois elementos. Quais têm mesmo número de massa? Quais têm mesmo número de nêutrons?

30. Considerando que há três isótopos naturais do elemento hidrogênio ($^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$, e $^{3}_{1}H$) e três do oxigênio ($^{16}_{8}O$, $^{17}_{8}O$ e $^{18}_{8}O$), quantas moléculas distintas de água (fórmula H_2O) podem existir?

31. Pesquise a abundância dos isótopos naturais citados na atividade anterior e deduza qual das moléculas de água é a mais comum na natureza.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Um novo elemento químico na ficção

O filme de ficção científica *Homem de Ferro 2* (2010, direção de Jon Favreau) continua a história do industrial bilionário e inventor Tony Stark, que revelou ao mundo sua identidade como o super-herói Homem de Ferro. Enquanto enfrenta pressão do governo para entregar a tecnologia do seu traje para uso militar, Stark lida com problemas pessoais, incluindo a deterioração de sua saúde devido ao reator de fusão nuclear fictício acoplado em seu peito.

No enredo, Tony Stark enfrenta problemas de envenenamento por paládio, um elemento químico que, na ficção da trama, é utilizado no reator que serve como fonte de energia para a armadura do Homem de Ferro e para manter longe de seu coração os estilhaços de metal que o atingiram com a explosão de uma bomba.

Embora esse reator seja fictício, a fusão nuclear – junção de dois núcleos formando um novo núcleo, com grande liberação de energia – é uma área real de pesquisa. O projeto de um reator experimental de fusão termonuclear está em construção no sul da França, projetado para demonstrar a viabilidade científica e tecnológica da fusão de núcleos de hidrogênio como fonte de energia limpa e abundante.

Na trama, Tony descobre pistas sobre um novo elemento químico que poderia resolver o problema provocado pelo paládio no seu reator. Para criar esse novo elemento químico (Fig. 9), ele constrói em seu laboratório um acelerador de partículas em miniatura, uma máquina que acelera partículas subatômicas a altas velocidades e as faz colidir para criar novos elementos. Esse método de criação de elementos é inspirado em técnicas reais usadas na física de partículas e na engenharia nuclear.

Depois de ler o texto, debata com seus colegas sobre as questões a seguir.

1. O filme apresenta o processo de criação de um novo elemento químico através de um acelerador de partículas. Em relação às partículas que constituem um átomo, como Tony Stark poderia ter certeza de que criou um elemento químico que não está na tabela periódica?
2. O paládio é um elemento químico pertencente ao grupo dos metais de transição. Na indústria, o paládio é amplamente utilizado como catalisador em processos químicos, incluindo a produção de ácido nítrico, e na indústria automotiva é usado para converter gases poluentes em menos nocivos. Esse metal raro e precioso é amplamente utilizado na indústria eletrônica por sua boa condutividade elétrica e resistência à corrosão. Além disso, seu isótopo radioativo Pd-103 é utilizado em tratamentos médicos para o combate ao câncer de próstata. No entanto, o filme retrata que o paládio é utilizado em um reator de fusão nuclear causando envenenamento no personagem. O filme combina informações reais e fictícias sobre o paládio e seus efeitos.

   De que forma isso pode afetar a percepção do público em geral sobre o uso e os riscos desse metal?
3. Os cientistas geralmente trabalham em equipes, seja em empresas ou universidades, e seguem uma metodologia científica rigorosa para garantir a validade e a confiabilidade de suas descobertas. As pesquisas científicas são avaliadas por um comitê de ética para analisar os riscos e benefícios associados aos estudos. Além disso, os resultados das pesquisas passam pela avaliação de pares, o que significa que outros especialistas na área revisam e criticam o trabalho antes que ele seja publicado, garantindo que a pesquisa seja sólida e confiável. No filme, Tony Stark cria e desenvolve rapidamente um novo elemento químico para seu reator, fazendo isso de forma independente e sem considerar os possíveis riscos envolvidos.

   Com base nisso, de que maneira filmes de ficção científica como esse podem influenciar a compreensão pública a respeito da Ciência? Que prejuízos a compreensão incorreta da Ciência acarreta para a sociedade?

Nesta seção e em suas atividades, abordamos uma situação representativa de obras de ficção científica com a finalidade de auxiliar os estudantes a perceber as limitações de abordagens ficcionais e desenvolver a capacidade de diferenciar o que é aceito pela ciência contemporânea e o que é puramente obra ficcional.

Dialogando com o texto

A seção *Em destaque* e suas atividades realizam uma importante contraposição entre o modo de trabalho da Ciência e a maneira como ela é retratada em obras de ficção. Para tirar o máximo proveito possível, sugerimos que você releia o item 3 do Capítulo 1, sobre método científico.

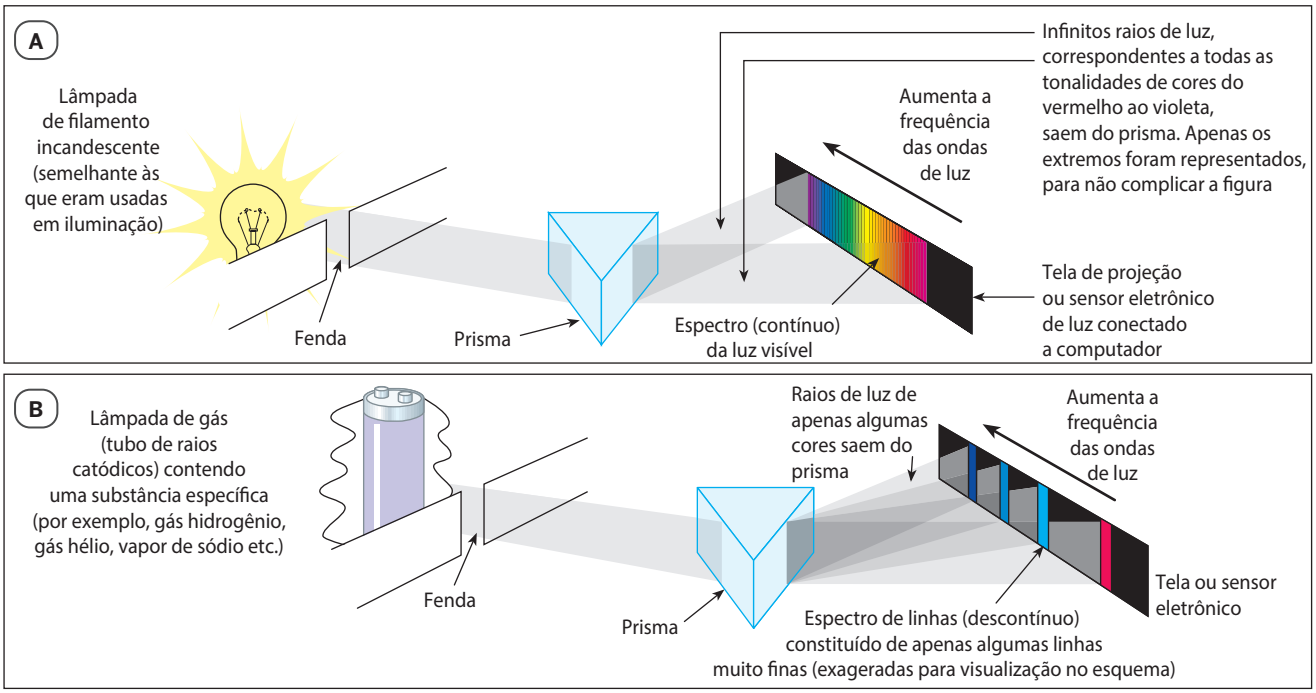
CINEMATIC/ALAMY/FOTOARENA

Figura 9. Personagem Tony Stark no laboratório em que, sozinho, cria um novo "elemento químico".

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Modelo atômico de Bohr

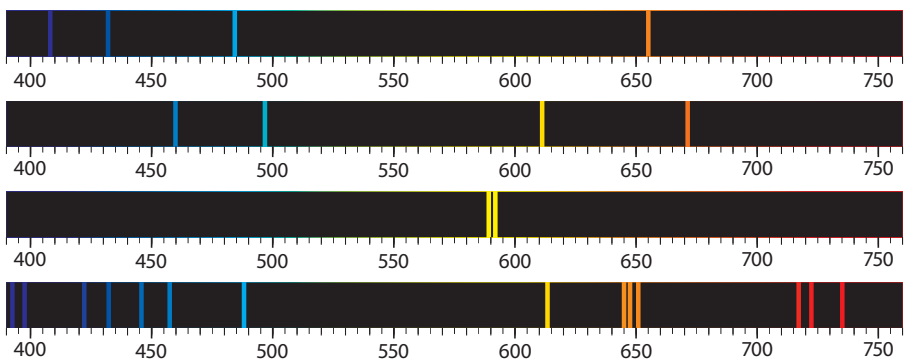
Se a luz solar ou a de uma lâmpada de filamento incandescente (aquelas que, no passado, foram largamente empregadas em residências) atravessar um prisma de vidro, ela será decomposta no espectro da luz visível (Fig. 10.A). Caso o experimento seja repetido com a luz proveniente de uma lâmpada de gás (similar às lâmpadas fluorescentes, mas sem a pintura branca no vidro que as envolve) contendo uma substância simples em fase gasosa, não se obtém o espectro completo, mas apenas algumas linhas coloridas. Essas linhas formam o que chamamos de espectro de linhas ou espectro atômico do elemento químico (Figs. 10.B e 11).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **University Physics**. 15. ed. Harlow: Pearson, 2020. p. 1313, 1319.

Figura 10. Esquema da montagem experimental utilizada para obter o espectro da luz visível (A) e o espectro atômico de um elemento (B). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Comente com os estudantes que, entre as limitações do modelo de Rutherford (e de outros propostos até então), estava a de não explicar, quantitativa ou qualitativamente, os espectros atômicos.

Fonte: BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 266.

Figura 11. Espectros atômicos (ou espectros de linhas) obtidos com alguns elementos. Note que são espectros descontínuos e que as linhas coloridas obtidas dependem do elemento utilizado.

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) propôs um modelo por meio do qual tentou explicar os espectros atômicos. Além de ser influenciado pelos trabalhos de diversos cientistas, como Nicholson e Rutherford (propositores de modelos atômicos), Bohr incorporou aspectos das ideias (mencionadas anteriormente) do físico alemão Max Planck (1858-1947), o qual havia proposto, em 1900, que a radiação eletromagnética de determinada frequência é emitida em múltiplos de uma quantidade elementar ou seja, em porções descontínuas chamadas de *quanta* (plural de *quantum*) de energia.

Em seu modelo atômico, Bohr propôs alguns **postulados**, afirmações consideradas verdadeiras sem demonstração, como pontos de partida para um raciocínio. Se as conclusões tiradas a partir deles forem válidas, os postulados podem ser mantidos como fundamentação para o desenvolvimento de um modelo ou teoria.

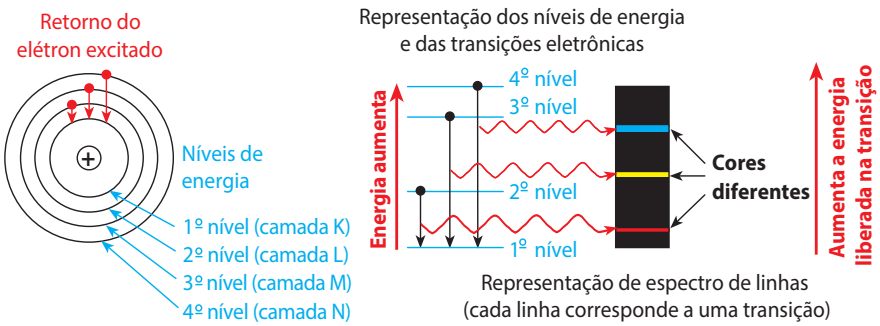
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Entre os postulados do **modelo atômico de Bohr** estão os seguintes:

- Os elétrons, nos átomos, movimentam-se ao redor do núcleo em órbitas circulares (chamadas de **camadas**, ou **níveis**, e designadas por K, L, M, N etc.; a camada mais próxima do núcleo é designada pela letra K, e assim sucessivamente). Um elétron não permanece entre dois níveis.
- Cada um desses níveis tem um valor determinado de energia. (Por isso, são também denominados **níveis de energia**.) Quanto mais próximo do núcleo, menor a energia. O movimento circular do elétron em um nível de energia ocorre sem emissão de radiação e, assim, ele não perde energia.
- Um elétron pode passar para um nível de maior energia se ocorrer **absorção** de quantidade adequada de energia (térmica ou eletromagnética). Nesse caso, dizemos que o elétron foi **excitado** ou que ocorreu uma **transição eletrônica** para um nível mais energético (Fig. 12.A).
- Quando o elétron perde a energia absorvida no processo de excitação, há uma transição eletrônica de retorno ao nível inicial. Nesse caso, há **liberação** de energia (como radiações nas regiões ultravioleta, luz visível ou infravermelho), isto é, emissão de um *quantum* (que também costuma ser denominado **fóton**), cuja energia é equivalente à diferença energética entre os dois níveis (Fig. 12.B).

Uma novidade desse modelo em relação aos anteriores é que a energia dos elétrons é **quantizada**, ou seja, apresenta **apenas determinados valores**.

Usando o modelo de Bohr, podemos explicar qualitativamente os espectros atômicos (Fig. 13). Em uma lâmpada de gás, elétrons dos átomos são excitados por descargas elétricas de alta tensão. Ao retornarem aos níveis de menor energia, liberam energia na forma de luz. Como a cor da luz emitida depende da diferença de energia entre os níveis envolvidos na transição e como essa diferença varia entre os elementos químicos, a luz apresentará cor característica para cada elemento.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

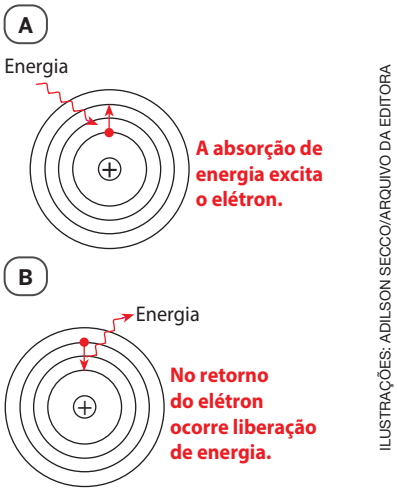
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

O modelo de Bohr pode ser usado para explicar qualitativamente uma série de fatos interessantes. Cada equipe deve escolher um dos itens e investigar as respostas.

A seguir, com a mediação do professor, deve expor as conclusões à classe, de forma bem organizada para que os colegas das demais equipes possam entender as respostas com clareza.

- Como os vaga-lumes (pirilampos) emitem luz?
- O que é o teste da chama? Por que cada elemento exibe uma cor característica nesse teste? Deem exemplos dessas cores.
- Como funciona a luz *laser*? Quais são suas aplicações (Fig. 14)?
- O que dá cor aos fogos de artifício? Como se explica o surgimento dessa cor? (**Nunca manuseie fogos de artifício! Acidentes gravíssimos podem acontecer.** Esse manuseio só deve ser feito por profissionais treinados.)
- Como funcionam os letreiros luminosos de gás neônio? E as lâmpadas fluorescentes de mercúrio? E as lâmpadas de sódio?



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. **Chemistry**: the Molecular Nature of Matter and Change. 9. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2021. p. 304-305.

Figura 12. Esquema de uma excitação eletrônica (A), que ocorre com absorção de energia, e do retorno do elétron ao estado fundamental (B), no qual há liberação de energia. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: WALKER, J. **Halliday & Resnick Fundamentals of Physics**. 12. ed. Hoboken: John Wiley, 2022. p. 1281.

Figura 13. Esquema que elucida, usando o modelo de Bohr, já que apenas algumas cores estão presentes em um espectro atômico. Variando a energia liberada na transição (diferença de energia entre os níveis inicial e final), varia a cor da luz emitida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

JEMAL COUNTESS/GETTY IMAGES

Figura 14. Patricia Era Bath (1942--2019), em foto de 2012, oftalmologista e inventora que desenvolveu um dispositivo para otimizar o uso de luz *laser* em cirurgia para remover catarata (distúrbio em que a lente do olho fica opaca). Foi a primeira estadunidense afrodescendente a obter uma patente com propósitos médicos, representando um exemplo de **protagonismo feminino** na sociedade.

O modelo de Bohr é limitado (só produz previsões numéricas corretas para átomos e íons **hidrogenoides**, isto é, com um elétron). As explicações científicas atuais para esses fenômenos se valem de modelos mais complexos. A palavra "qualitativamente" visa destacar aos estudantes que as explicações com que vão trabalhar aqui são aproximadas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Distribuição eletrônica nas camadas

Cada camada eletrônica comporta certo número máximo de elétrons. Por exemplo, a primeira comporta no máximo 2 elétrons, a segunda, 8, a terceira, 18. Existe uma tendência de os elétrons ocuparem níveis de mais baixa energia. Quando os elétrons estão na situação de **menor energia possível**, dizemos que o átomo está em seu **estado fundamental**.

Usando técnicas experimentais apropriadas, os cientistas determinaram a distribuição eletrônica em camadas para os átomos dos elementos. Para o $_1$H, é K: 1 (um elétron na camada K), para o $_2$He, é K: 2 (dois elétrons na camada K), para o $_3$Li, é K: 2, L: 1 (dois elétrons na camada K e um na L), e assim por diante (Fig. 15). Existem, em teoria, infinitos níveis possíveis. Contudo, sete são suficientes para acomodar os elétrons no estado fundamental dos átomos conhecidos.

A partir do argônio, o estado fundamental pode ter elétrons em camada mais externa, ainda que a anterior não esteja preenchida. Isso não é explicado pelo modelo de Bohr, mas por outro mais avançado, o modelo mecânico-quântico.

1																	18
H 1 (1)																	He 2 (2)
Li 3 (2, 1)	Be 4 (2, 2)											B 5 (2, 3)	C 6 (2, 4)	N 7 (2, 5)	O 8 (2, 6)	F 9 (2, 7)	Ne 10 (2, 8)
Na 11 (2, 8, 1)	Mg 12 (2, 8, 2)											Al 13 (2, 8, 3)	Si 14 (2, 8, 4)	P 15 (2, 8, 5)	S 16 (2, 8, 6)	Cl 17 (2, 8, 7)	Ar 18 (2, 8, 8)
K 19 (2, 8, 8, 1)	Ca 20 (2, 8, 8, 2)											Ga 31 (2, 8, 18, 3)	Ge 32 (2, 8, 18, 4)	As 33 (2, 8, 18, 5)	Se 34 (2, 8, 18, 6)	Br 35 (2, 8, 18, 7)	Kr 36 (2, 8, 18, 8)

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 313.

Figura 15. Distribuição eletrônica dos átomos, eletricamente **neutros** e no **estado fundamental**, dos elementos **representativos** até o criptônio. Ela está no lado direito de cada quadrinho, de cima para baixo, começando pela camada K.

A análise do esquema da Figura 15 possibilita perceber que elementos do primeiro período apresentam átomos com uma camada eletrônica, elementos do segundo período apresentam átomos com duas camadas e assim sucessivamente. Átomos (eletricamente neutros e no estado fundamental) de elementos de um **mesmo período** apresentam **igual número de camadas eletrônicas** (camadas que contêm elétrons). O número de camadas eletrônicas é igual ao número do período.

A camada eletrônica mais externa da eletrosfera do átomo de um elemento químico é aquela envolvida diretamente no estabelecimento de união com outro(s) átomo(s). Ela é denominada **camada de valência**. Os elétrons dessa camada são chamados de **elétrons de valência**.

Perceba, analisando a Figura 15, que átomos eletricamente neutros de elementos químicos de um **mesmo grupo** da tabela periódica apresentam o **mesmo número de elétrons na camada de valência**. Exceção a isso é o elemento hélio ($Z = 2$). Seus átomos apresentam 2 elétrons na camada de valência, mas ele não é colocado no grupo 2. Suas propriedades não se assemelham às dos elementos daquele grupo (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra), mas sim às dos gases nobres (Ne, Ar, Kr, Xe, Rn). Por essa razão, o hélio é considerado gás nobre e é incluído no grupo 18 da tabela periódica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

32. O modelo atômico de Bohr introduziu importantes inovações em relação aos modelos anteriores. Entre elas, podemos citar:
32. d

a. a matéria é descontínua.
b. a existência de nêutrons.
c. a matéria possui natureza elétrica.
d. a quantização da energia.
e. a explicação do resultado do experimento sobre dispersão de partículas alfa.

33. (Enem) Um teste de laboratório permite identificar alguns cátions metálicos ao introduzir uma pequena quantidade do material de interesse em uma chama de bico de Bunsen para, em seguida, observar a cor da luz emitida.
33. d

A cor observada é proveniente da emissão de radiação eletromagnética ao ocorrer a

a. mudança da fase sólida para a fase líquida do elemento metálico.
b. combustão dos cátions metálicos provocada pelas moléculas de oxigênio da atmosfera.
c. diminuição da energia cinética dos elétrons em uma mesma órbita na eletrosfera atômica.
d. transição eletrônica de um nível mais externo para outro mais interno na eletrosfera atômica.
e. promoção dos elétrons que se encontram no estado fundamental de energia para níveis mais energéticos.

34. (Enem) Um fato corriqueiro ao se cozinhar arroz é o derramamento de parte da água de cozimento sobre a chama azul do fogo, mudando-a para uma chama amarela. Essa mudança de cor pode suscitar interpretações diversas, relacionadas às substâncias presentes na água de cozimento. Além do sal de cozinha (NaCl), nela se encontram carboidratos, proteínas e sais minerais.
34. b

Cientificamente, sabe-se que essa mudança de cor da chama ocorre pela

a. reação do gás de cozinha com o sal, volatilizando gás cloro.
b. emissão de fótons pelo sódio, excitado por causa da chama.
c. produção de derivado amarelo, pela reação com o carboidrato.
d. reação do gás de cozinha com a água, formando gás hidrogênio.
e. excitação das moléculas de proteínas, com formação de luz amarela.

35. O rubídio é metal alcalino que se encontra no quinto período da tabela periódica. Com base nessas informações, é possível dizer quantas camadas eletrônicas apresenta um átomo desse elemento e quantos elétrons há em sua camada de valência? Justifique sua resposta.

36. O chumbo é o elemento do sexto período, grupo 14. Apenas com base nessa informação é possível prever quantos elétrons existem na camada de valência de um átomo de chumbo? Explique.

37. Dois dos elementos químicos **representativos** muito importantes para a saúde óssea têm as seguintes características: um deles apresenta átomos com quatro camadas eletrônicas e dois elétrons na última delas; os átomos do outro têm três camadas eletrônicas e cinco elétrons na última camada.

a. Você consegue situar esses elementos na tabela periódica, sem consultá-la? Justifique.
b. Agora consulte a tabela periódica e diga que elementos são esses.

38. Os átomos de um elemento químico presente em quantidade apreciável no corpo humano apresentam 8 prótons e 8 elétrons (além de nêutrons, é claro).

a. Consultando um esquema apresentado neste capítulo, indique qual a distribuição eletrônica nas camadas dos átomos desse elemento?
b. A que grupo da tabela periódica ele pertence?

39. Os átomos de um outro elemento químico presente em quantidade apreciável no corpo humano apresentam 6 prótons e 6 elétrons (além de nêutrons, é claro).

a. Consultando um esquema apresentado neste capítulo, indique qual é a distribuição eletrônica nas camadas dos átomos desse elemento.
b. A que grupo da tabela periódica ele pertence?

40. (UFSCar-SP) Uma tecnologia promissora para atender parte de nossas necessidades energéticas, sem a poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis, envolve a transformação direta de parte da energia luminosa do Sol em energia elétrica. Nesse processo são utilizadas as chamadas células fotogalvânicas, que podem funcionar utilizando semicondutores extrínsecos de silício, constituídos por uma matriz de silício de alta pureza, na qual são introduzidos níveis controlados de impurezas. Essas impurezas são elementos químicos em cujas camadas de valência há um elétron a mais ou a menos, em relação à camada de valência do silício. Semicondutores do tipo *n* são produzidos quando o elemento utilizado como impureza tem cinco elétrons na camada de valência. Considerando os elementos B, P, Ga, Ge, As e In como possíveis impurezas para a obtenção de um semicondutor extrínseco de silício, poderão ser do tipo *n* apenas aqueles produzidos com a utilização de:
40. d

a. B.
b. Ge.
c. Ga e Ge.
d. P e As.
e. B, Ga e In.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ressalte aos estudantes, aqui também, que o texto não se constitui em uma narrativa histórica, mas em um encadear de ideias selecionadas e organizadas com propósito didático.

7. Modelo atômico mecânico-quântico

Bohr deduziu os valores numéricos da frequência da luz de cada uma das linhas do espectro do hidrogênio, e eles coincidiram com os valores experimentais. No entanto, cálculos para átomos com dois ou mais elétrons não concordavam com os valores observados. Assim, era necessário melhorar o modelo ou substituí-lo por outro que se aplicasse também a esses átomos.

Nas três primeiras décadas do século XX, período que inclui a época em que Rutherford e Bohr propuseram seus modelos, a Física passou por uma revolução na maneira de encarar fenômenos do mundo atômico-molecular. Muitos novos conceitos foram propostos, diversos experimentos e considerações teóricas foram desenvolvidos, e um dos frutos dessa nova maneira de entender a Física foi o surgimento da **Mecânica Quântica**. Grande número de cientistas contribuiu para esse esforço, entre eles o físico francês Louis de Broglie (1892-1987), os físicos alemães Werner Heisenberg (1901-1976) e Max Born (1882-1970), os físicos austríacos Erwin Schrödinger (1887-1961) e Wolfgang Pauli (1900-1958) e o físico britânico Paul Dirac (1902-1984).

Na época, havia evidências de que a luz, antes considerada apenas onda, podia exibir comportamento corpuscular (comportamento "de matéria") em certos experimentos. Desenvolveu-se, então, outra hipótese: a de que a matéria poderia apresentar comportamento de onda, o que se confirmou quando foi observado que um feixe de elétrons podia exibir o fenômeno chamado difração, considerado anteriormente exclusivo de ondas.

Outra mudança radical ocorreu com o conceito de **incerteza**. Até então, a ideia de incerteza, na Ciência, estava relacionada à precisão de instrumentos de medida. Por exemplo, se você está medindo o comprimento de uma caneta, uma fita métrica fornece baixa precisão, uma régua escolar fornece maior precisão e um paquímetro (pesquise esse instrumento) propicia precisão ainda maior.

Na escala dos átomos, porém, a incerteza é inerente aos fenômenos quânticos. Ao tentar medir a posição de um elétron, por exemplo, o próprio ato de medir interfere no resultado. Para localizar o elétron, seria preciso interagir com ele; contudo, essa interação altera sua energia e sua velocidade. Essa característica é expressa pelo **princípio da incerteza**: não podemos ter certeza absoluta, simultaneamente, da posição e da velocidade de uma partícula.

Novos modelos atômicos foram desenvolvidos reunindo a quantização, o comportamento ondulatório da matéria e a incerteza. Em geral, são modelos matemáticos complexos, cujo estudo está além do escopo deste livro. Um exemplo é a descrição do comportamento dos elétrons no átomo, e de outras entidades em nível submicroscópico, por meio de **equações de onda**.

No **modelo atômico mecânico-quântico**, o comportamento de cada elétron é descrito por uma fórmula matemática, a **função de onda** (associada à equação de onda), a partir da qual podem ser calculadas propriedades como sua **energia** (que tem valores **quantizados**) e a **probabilidade** de encontrá-lo em certa região. Não é possível falar em órbitas dos elétrons em torno do núcleo, com posições ou trajetórias definidas.

Devido à incerteza e ao comportamento ondulatório do elétron, o modelo mecânico-quântico descreve **orbitais**, funções matemáticas que descrevem a probabilidade de encontrar um elétron com determinada energia a certa distância do núcleo. Hoje, programas de computador fornecem imagens da região de alta probabilidade de encontrar determinado elétron ou conjunto de elétrons e também representações de como essa probabilidade varia no espaço. Geralmente, tons mais escuros são usados para indicar maior probabilidade (note os tons de azul na Fig. 16).

Esse modelo explicou os espectros atômicos dos diversos elementos. Com ele, formulou-se o conceito de **subníveis de energia** (subdivisões, também de energia quantizada, dos níveis energéticos) e tornou-se possível determinar e explicar a distribuição dos elétrons nesses subníveis de energia.

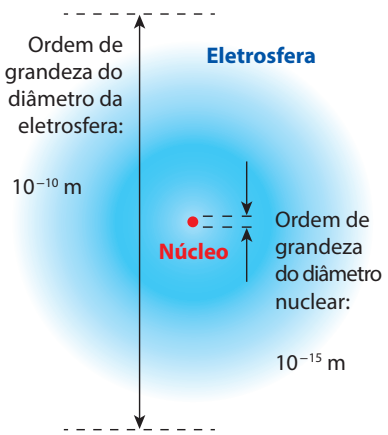


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ROBINSON, J. K.; MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. **Chemistry**. 8. ed. Hoboken: Pearson, 2020. p. 49.

Figura 16. Representação do modelo atômico mecânico-quântico. Tons mais escuros de azul indicam maior densidade eletrônica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) Atente:
10^{-10} m = 0,000 000 000 1 m
10^{-15} m = 0,000 000 000 000 001 m

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Nos últimos anos, parte do vocabulário da Mecânica Quântica passou a ser usada por pessoas que nada sabem sobre o tema e, sem nenhuma formação em Medicina ou Psicologia, dão conselhos que **pretensamente** melhoram a vida das pessoas.

Expressões como "cura quântica", "programação quântica" e "*coach* quântico" são usadas para iludir pessoas e obter lucro, em uma atividade **não reconhecida como Ciência**. Essa atuação pode configurar **exercício ilegal de Medicina ou Psicologia** e até **colocar em risco a saúde física e mental dos "clientes"**.

Cada equipe deve propor o planejamento de uma campanha de conscientização sobre o exposto anteriormente, alertando a população para que não seja enganada.

Como seria essa campanha? Em rádio, tevê, jornal, revista, internet e redes sociais? Elaborem esboços das peças publicitárias usando argumentos adequados.

Apresentem esse planejamento ao professor e, a critério dele, exponham suas ideias à turma em um dia marcado por ele.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Interpretação crítica de conteúdos da mídia

A *Atividade em grupo* proposta anteriormente fornece uma oportunidade para refletir sobre a importância do espírito crítico ao ler o que está em redes sociais, blogues, aplicativos de mensagens e outras mídias. Nesta seção, apresentamos alguns critérios que merecem a sua atenção.

Todos os textos são criados, são artificiais, e uma preocupação inicial sempre deve ser: de quem é a **autoria**? No processo criativo, sempre são feitas escolhas de palavras e frases; opta-se pelo que escrever e pelo que omitir. Mantenha certa distância emocional do texto que permita estabelecer outros questionamentos, como: que **estratégias foram usadas para atrair a atenção** do público? Reflita se são estratégias éticas ou se são apelativas, enganosas ou mesmo ilegais.

Diferentes pessoas podem perceber diferentes aspectos de um texto e, por isso, a **troca de ideias** (Fig. 17) é sempre enriquecedora. O diálogo possibilita perceber coisas às quais não atentamos, reconhecer que as pessoas podem captar mensagens distintas a partir de um mesmo conteúdo e entender que os estrategistas da mídia pretendem atingir diferentes **segmentos do público** para influenciar opiniões, às vezes para obter lucro ou para influenciar opiniões políticas.

Faz parte de uma leitura crítica identificar quais **pontos de vista** e **valores** estão presentes e quais foram omitidos. O texto tenta convencer o leitor a aceitar certa opinião ou realizar alguma ação? Que **interesses** estão por trás dessa tentativa de convencimento? Em outras palavras, devemos sempre tentar identificar qual é o **propósito** de um texto, que intenção está por trás de sua publicação.

MBI/SHUTTERSTOCK

Figura 17. Debater opiniões decorrentes da análise de conteúdos de mídia enriquece o espírito crítico e torna mais difícil que as pessoas sejam manipuladas por textos que tentem influenciá-las.

Agora, em grupos, trabalhem as seguintes propostas:

1. Escolham um texto de mídia relacionado às Ciências da Natureza (por exemplo, de nutrição ou saúde) e que tente produzir convencimento. Usem os critérios mencionados para analisar esse texto e exponham as conclusões à classe.
2. Discutam e listem que outros aspectos devem ser considerados ao analisar criticamente conteúdos de mídia que incluam desenhos, fotografias e vídeos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

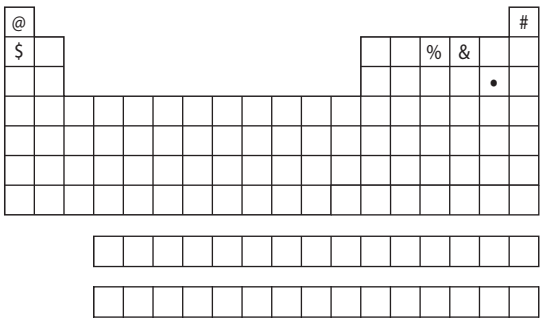
Registre as respostas em seu caderno.

1. (Uerj) Um dos elementos químicos que tem se mostrado muito eficiente no combate ao câncer de próstata é o selênio (Se). Com base na tabela de classificação periódica dos elementos, os símbolos de elementos com propriedades químicas semelhantes ao selênio são:
1. b

a. Cl, Br, I **b.** Te, S, Po **c.** P, As, Sb **d.** As, Br, Kr

2. (Fuvest-SP) Um astronauta foi capturado por habitantes de um planeta hostil e aprisionado numa cela, sem seu capacete espacial. Logo começou a sentir falta de ar.
2. d

Ao mesmo tempo, notou um painel como o da figura em que cada quadrado era uma tecla. Apertou duas delas, voltando a respirar bem. As teclas apertadas foram



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

a. @ e #
b. # e $
c. $ e %
d. % e &
e. & e •

3. (UFU-MG) No início do século XIX, com a descoberta e o isolamento de diversos elementos químicos, tornou-se necessário classificá-los racionalmente, para a realização de estudos sistemáticos. Muitas contribuições foram somadas até se chegar à atual classificação periódica dos elementos químicos. Em relação à classificação periódica atual, responda:

a. Como os elementos são listados, sequencialmente, na tabela periódica?

b. Em quais grupos da tabela periódica podem ser encontrados: um halogênio, um metal alcalino, um metal alcalinoterroso, um calcogênio e um gás nobre?

4. (Uneb-BA) Um átomo apresenta normalmente 2 elétrons na primeira camada, 8 elétrons na segunda, 18 elétrons na terceira camada e 7 na quarta camada. A família e o período em que se encontra esse elemento são, respectivamente:
4. c

a. família dos halogênios, sétimo período.
b. família do carbono, quarto período.
c. família dos halogênios, quarto período.
d. família dos calcogênios, quarto período.
e. família dos calcogênios, sétimo período.

5. (UFV-MG) Os átomos neutros de dois elementos químicos **A** e **B**, estáveis, apresentam respectivamente as distribuições eletrônicas:
5. d

A: K: 2, L: 8, M: 7 **B**: K: 2, L: 7

Pode-se dizer, a respeito desses dois elementos, que:

a. apresentam o mesmo número de nêutrons.
b. são metais.
c. apresentam o mesmo número de prótons.
d. pertencem à mesma família da tabela periódica.
e. apresentam o mesmo raio atômico.

6. A Mecânica Quântica é um ramo da atividade científica que propiciou grandes avanços no estudo de átomos e moléculas. O modelo atômico mecânico-quântico:
6. d

a. possibilita a determinação da posição e da trajetória dos elétrons utilizando computadores.
b. foi concebido para auxiliar na explicação de diversos outros fenômenos, como as relações entre as pessoas e a cura de doenças por meio de intervenções no DNA.
c. faz parte de um esforço científico para integrar a Química, a Física, a Medicina e a Psicologia.
d. envolve conceitos como quantização de energia e probabilidade de encontrar elétrons em determinada região da eletrosfera.
e. está fundamentado na noção de que tudo é relativo e não podemos ter certeza de nada quando estudamos fenômenos naturais.

7. (Enem) Em 1808, Dalton publicou o seu famoso livro intitulado *Um novo sistema de filosofia química* (do original *A New System of Chemical Philosophy*), no qual continha os cinco postulados que serviam como alicerce da primeira teoria atômica da matéria fundamentada no método científico. Esses postulados são numerados a seguir:
7. e

1. A matéria é constituída de átomos indivisíveis.
2. Todos os átomos de um dado elemento químico são idênticos em massa e em todas as outras propriedades.
3. Diferentes elementos químicos têm diferentes tipos de átomos; em particular, seus átomos têm diferentes massas.
4. Os átomos são indestrutíveis e nas reações químicas mantêm suas identidades.
5. Átomos de elementos combinam com átomos de outros elementos em proporções de números inteiros pequenos para formar compostos.

> Após o modelo de Dalton, outros modelos baseados em outros dados experimentais evidenciaram, entre outras coisas, a natureza elétrica da matéria, a composição e organização do átomo e a quantização da energia no modelo atômico.

Fonte: OXTOBY, D. W.; GILLIS, H. P.; BUTLER, L. J. **Principles of Modern Chemistry**. Boston: Cengage Learning, 2012 (adaptado).

Com base no modelo atual que descreve o átomo, qual dos postulados de Dalton ainda é considerado correto?

a. 1 **b.** 2 **c.** 3 **d.** 4 **e.** 5

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 4

Ligações químicas interatômicas

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

O aço é uma liga metálica utilizada em pontes em razão da sua elevada resistência mecânica e durabilidade. Na foto, cabos de aço em uma ponte estaiada (Teresina, PI, 2022).

Metais utilizados desde a Antiguidade estão presentes em nosso cotidiano. O ferro, por exemplo, que era empregado na confecção de ferramentas e armas, hoje é utilizado na produção de portões, pontes, trilhos e máquinas. O ferro costuma ser encontrado combinado com o oxigênio, formando, por exemplo, o mineral hematita. A técnica de fabricação do ferro a partir desse mineral foi desenvolvida há cerca de 3.200 anos.

Técnicas como essa, que buscavam obter materiais de interesse, eram desenvolvidas a partir de tentativas e erros e algumas vezes até por meio de descobertas acidentais. Atualmente, o conhecimento científico, aliado ao desenvolvimento tecnológico, permite que se façam previsões que direcionam as pesquisas voltadas para a obtenção de novos materiais com base em conhecimentos e procedimentos próprios da Ciência.

Esses conhecimentos possibilitaram, por exemplo, o desenvolvimento de técnicas para combinar o ferro com átomos de outros elementos químicos e formar as ligas metálicas. As ligas metálicas são materiais com átomos de dois ou mais elementos químicos, sendo que pelo menos um deles é metal. Elas são formadas com o objetivo de obter materiais com propriedades de interesse. O ferro, por exemplo, ao ser combinado com o carbono, forma o aço – liga que apresenta maior resistência mecânica e durabilidade que o ferro na sua forma pura.

Nesse contexto, a compreensão de como os átomos de um material se combinam e como isso influencia suas propriedades é de fundamental importância. Neste capítulo será apresentada a constituição de alguns materiais e, ao relacionar essa constituição com as suas propriedades, serão abordados novos modelos explicativos: os modelos de ligação química.

A água (A), o cloreto de sódio (B) e o ferro, principal constituinte do aço (C), são exemplos de substâncias químicas que diferem na maneira como os átomos se unem uns aos outros. Conforme estudaremos neste capítulo, o tipo de ligação interatômica (ou seja, entre os átomos) influencia as propriedades das substâncias.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Gases nobres e regra do octeto

Todas as substâncias químicas são constituídas de átomos, e em praticamente todos os casos há combinação entre eles. São conhecidas apenas seis substâncias nas quais os átomos não estão unidos a outros – hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio – que são encontradas em baixíssima concentração na atmosfera terrestre. Esses gases são constituídos de átomos (não combinados) de elementos químicos do grupo 18 da tabela periódica, os **gases nobres**. O sétimo elemento desse grupo, oganessônio, $Z = 118$, não tem existência natural; apenas alguns átomos foram produzidos artificialmente.

Até hoje, não foi encontrada **na natureza** nenhuma substância em que átomos de gases nobres estejam combinados entre si ou com átomos de outros elementos. Já foram produzidas, em laboratório, algumas substâncias **artificiais** em que determinados gases nobres (especialmente o xenônio e o criptônio) se combinaram com átomos de outros elementos, embora essa combinação, em geral, exija condições experimentais drásticas, alcançáveis somente de forma artificial. Tais observações evidenciam que os átomos de gases nobres têm baixíssima tendência a se combinar com outros átomos.

Como as propriedades químicas dos elementos estão relacionadas com as distribuições eletrônicas nas camadas da eletrosfera, os cientistas propuseram que a estabilidade dos gases nobres poderia estar relacionada ao número de elétrons que os átomos desses elementos apresentam na camada eletrônica mais externa, também denominada **camada de valência**. O Quadro 1 mostra a distribuição eletrônica em níveis de energia (camadas) dos gases nobres.

Em 1916, o físico alemão Walther Kossel (1888-1956), baseando-se nas contribuições de outros cientistas, propôs haver relação entre ligação química e elétrons na última camada. O químico alemão Richard Wilhelm Heinrich Abegg (1869-1910) foi o primeiro a registrar em trabalho impresso que os átomos poderiam passar por alterações a fim de adquirir oito elétrons na camada de valência. Mais tarde, a ideia foi retomada de forma independente pelos químicos estadunidenses Gilbert Newton Lewis (1875-1946) e Irving Langmuir (1881-1957); este último chamou essa relação de "octeto". Hoje, ela é conhecida como **regra do octeto** e, de acordo com ela, os átomos das substâncias se combinam por meio das ligações químicas, de forma a adquirir a configuração eletrônica semelhante à de um gás nobre no estado fundamental. A regra do octeto é uma ferramenta útil para obter a fórmula química de alguns compostos, no entanto ela apresenta **muitas exceções** e **não explica** por que os átomos adquirem estabilidade ao se ligarem.

Quadro 1. Distribuição eletrônica em gases nobres

Gás nobre	K	L	M	N	O	P
Hélio	2					
Neônio	2	8				
Argônio	2	8	8			
Criptônio	2	8	18	8		
Xenônio	2	8	18	18	8	
Radônio	2	8	18	32	18	8

Fonte: OVERBY, J.; CHANG, R. **Chemistry**. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2022. *E-book*.

Distribuição eletrônica em níveis de energia para os gases nobres de ocorrência natural. Note que há 8 elétrons no último nível, exceto no caso do hélio, em que há 2.

2. Eletronegatividade

Ao dar continuidade aos estudos sobre a maneira como os átomos se ligam, o químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994) propôs, em 1931, a primeira escala quantitativa de uma propriedade chamada **eletronegatividade**. Entre as várias escalas de eletronegatividade já propostas, vamos considerar a de Pauling.

Para entender o conceito de eletronegatividade, é preciso considerar que a atração do núcleo sobre os elétrons de um átomo é de origem eletrostática. Assim como o núcleo de um átomo atrai os elétrons desse átomo, em uma ligação química ele também pode atrair os elétrons de outros átomos a ele ligados. Essa tendência de atração de elétrons está relacionada à eletronegatividade, grandeza que indica a intensidade com que um átomo ligado a outro atrai os elétrons envolvidos em uma ligação química.

A eletronegatividade depende de fatores como o número de prótons, pois, quanto maior esse número, mais elevada é a atração que o núcleo exerce sobre os elétrons. Ela também é influenciada pela distância dos elétrons em relação ao núcleo, já que elétrons das camadas mais próximas ao núcleo são atraídos mais fortemente que os elétrons das camadas mais externas. Observe, no Quadro 2, alguns valores de eletronegatividade.

Quadro 2. Eletronegatividade

Grupo 1	2	13	14	15	16	17
H 2,1						
Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
K 0,8	Ca 1,0				Se 2,4	Br 2,8
Rb 0,8	Sr 1,0				Te 2,1	I 2,5
Cs 0,7	Ba 0,9					

2,1 – 4,0
1,5 – 2,0
< 1,5

Fonte dos dados: BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 383.

Eletronegatividade de alguns elementos químicos (essa grandeza não tem unidade, é adimensional). São fundamentalmente os valores propostos por Pauling, com pequenas correções mais recentes.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O valor 1,7 (cf. PAULING, L. **The nature of chemical bonding**. Ithaca: Cornell University Press, 1960) continua a ser valor de referência na literatura ao usar a escala de eletronegatividade de Pauling. Valores abaixo de 1,5 indicam acentuado caráter covalente e valores acima de 2,0, acentuado caráter iônico. A faixa que vai de 1,5 a 2,0 corresponde a ligações com caráter bastante intermediário entre covalente e iônica (cf. BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 373; SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. **Chemistry**: the Molecular Nature of Matter and Change. 9. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2021. p. 392-395; BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 387.).

Uma descrição mais ampla, que inclui ligações metálicas, pode ser feita mediante o **triângulo de van Arkel-Ketelaar** (veja comentário sobre ele no Suplemento para o professor) ou por meio da mecânica quântica.

3. Ligação iônica

Uma substância muito usada pelo ser humano é o cloreto de sódio (principal componente do sal de cozinha), constituído pelos elementos químicos sódio e cloro. Consultando a tabela periódica disponível no Capítulo 3, temos:

Quadro 3. Número de prótons e de elétrons em dois átomos neutros

Átomo neutro	Nº de prótons	Nº de elétrons	Carga elétrica total
Sódio (Na)	11	11	0
Cloro (Cl)	17	17	0

Existe grande diferença de eletronegatividade entre esses dois átomos; a do cloro é 3,0 e a do sódio é 0,9 (Quadro 2). O cloro atrai mais fortemente os elétrons do que o sódio e, como consequência, há transferência de um elétron do sódio para o cloro, e ambos passam a apresentar configuração eletrônica semelhante à de um gás nobre.

Quando átomos perdem ou recebem elétrons, eles deixam de ser eletricamente neutros e passam a ser **íons**. Um **íon positivo** é chamado de **cátion** e um **íon negativo** é denominado **ânion**. O cátion formado a partir do átomo de sódio é representado por Na^+, o que indica a sua carga positiva. O ânion formado a partir do átomo de cloro é representado por Cl^-, o que indica a sua carga negativa.

Quadro 4. Número de prótons e de elétrons em dois íons

Íon do elemento químico	Nº de prótons	Nº de elétrons	Carga elétrica total
Sódio (Na^+)	11	10	+1
Cloro (Cl^-)	17	18	−1

Como os íons Na^+ e Cl^- possuem cargas de sinais opostos, atraem-se mutuamente e mantêm-se unidos. Essa união entre íons é chamada **ligação iônica**, que se deve à atração eletrostática entre cargas elétricas de sinais opostos. Cada cátion Na^+ interage com os ânions Cl^- que estiverem à sua volta e vice-versa. No caso do NaCl, por exemplo, cada cátion e ânion interage mais fortemente com outros seis íons à sua volta, que estão mais próximos e têm carga de sinal oposto à sua, formando **retículos cristalinos iônicos** (Fig. 1). Essas estruturas constituem os **sólidos iônicos**.

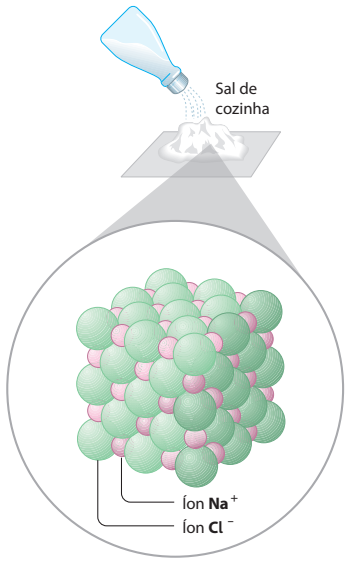
Quanto maior a diferença de eletronegatividade entre átomos que interagem, maior a possibilidade de formarem íons. De modo geral, quando essa diferença é maior que 1,7, considerando dados da escala de Pauling, a ligação química tende a ser predominantemente iônica. No caso do NaCl, a diferença é de 2,1 (ou seja, 3,0 – 0,9).

A **fórmula unitária** de um composto iônico representa a proporção em números inteiros (os menores possíveis) dos cátions e ânions que constituem o retículo cristalino. Ela pode ser obtida por meio da **fórmula eletrônica** (ou **fórmula de Lewis**), na qual os símbolos dos elementos químicos dos respectivos átomos são indicados com os elétrons da sua camada de valência (nessa obra, eles serão representados simbolicamente por pequenos círculos), como mostrado a seguir.

O cloreto de sódio, composto de fórmula unitária NaCl, é um exemplo de **composto iônico**, ou seja, **constituído de íons**.

Cada cristal de cloreto de sódio é formado por um retículo cristalino iônico, no qual há imensa quantidade de cátions Na^+ e ânions Cl^-.

De modo geral, uma ligação tem caráter predominantemente iônico quando se estabelece entre elementos químicos cuja diferença de eletronegatividade é acentuada, o que, na escala de Pauling, corresponde a uma diferença superior a 1,7. Embora haja exceções a esse critério, ele é útil para estabelecer previsões.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 365.

Figura 1. Representação esquemática do retículo cristalino iônico do cloreto de sódio. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Consulte a tabela periódica e procure nela os elementos químicos cujos símbolos são Li, K, Mg, Ca, Ba, Al, N, O, S, Br e I.

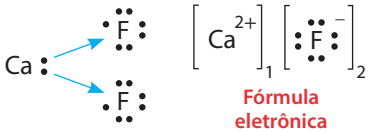
Qual é o gás nobre cujo número de elétrons é mais próximo do de cada um deles?

Quantos elétrons cada um desses elementos deve perder ou receber para obter a configuração de valência de um gás nobre? Se julgar necessário, para embasar sua decisão, consulte a distribuição eletrônica em camadas, no item 6 do Capítulo 3.

Caso os átomos desses elementos químicos estabeleçam ligações iônicas, qual é a carga dos íons formados após a perda ou o recebimento de elétrons?

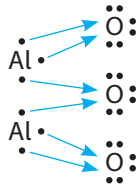
Apresente as conclusões para o professor e debata com ele cada caso.

Veja agora a fórmula eletrônica de outros dois compostos iônicos, sendo um deles formado por cálcio e flúor, e o outro, por alumínio e oxigênio (Figs. 2 e 3):



$$\left[Ca^{2+}\right]_1\left[:\ddot{F}:^{-}\right]_2$$

Fórmula eletrônica



$$\left[Al^{3+}\right]_2\left[:\ddot{O}:^{2-}\right]_3$$

Fórmula eletrônica

Para prever a fórmula de um composto iônico, em vez de pensar em transferência de elétrons entre átomos neutros, é conveniente raciocinar em termos da carga do íon formado pelos elementos e considerar que, em um composto iônico, a carga elétrica total positiva deve ser neutralizada pela negativa, resultando em **carga total nula**. Na fórmula unitária, o cátion deve ser escrito à esquerda e o ânion, à direita.

$$\left[\text{cátion}^{x+}\right]_m\left[\text{ânion}^{y-}\right]_n$$

O cátion (íon positivo) é escrito à esquerda e o ânion (íon negativo) é escrito à direita.

Assim, nos dois casos anteriores, determinamos inicialmente a carga dos íons. Se necessário, consultamos a tabela periódica ou as distribuições eletrônicas no item 6 do Capítulo 3. A seguir, determinamos os índices considerando que a proporção entre cátions e ânions no retículo cristalino deve conduzir à carga total nula.

$$\left[Ca^{2+}\right]_1\left[F^{-}\right]_2 \Rightarrow CaF_2$$

Fórmula unitária

$$\left[Al^{3+}\right]_2\left[O^{2-}\right]_3 \Rightarrow Al_2O_3$$

Fórmula unitária

Existem diversos íons presentes em substâncias iônicas cuja carga não é prevista pela regra do octeto. Como alguns exemplos desses íons, podemos citar: Ag^{+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Cr^{3+}, Sn^{2+} e Pb^{2+}.

CAGLA ACIKGOZ/ SHUTTERSTOCK

Figura 2. Amostra do mineral fluorita, matéria-prima para obtenção industrial de flúor (F_2). Ele é formado principalmente pelo fluoreto de cálcio, CaF_2, composto iônico constituído de íons Ca^{2+} e F^{-}.

POTAPOV ALEXANDER/ SHUTTERSTOCK

Figura 3. Rubi lapidado de 6 mm de comprimento. Seu principal constituinte é a substância incolor óxido de alumínio, Al_2O_3, cujo retículo cristalino é formado por íons Al^{3+} e O^{2-}. A cor vermelha se deve a pequenas quantidades de outra substância iônica, de fórmula Cr_2O_3.

Dialogando com o texto

Caso haja possibilidade, acesse os modelos digitais tridimensionais de retículos cristalinos iônicos dos endereços sugeridos a seguir. Neles, a proporção entre cátions e ânions é aquela expressa na fórmula unitária do composto (1 : 1 no NaCl e 1 : 2 no $CaCl_2$).

- Modelo de um cristal de cloreto de sódio (NaCl). Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/NaCl.html.
- Modelo de um cristal de fluoreto de cálcio (CaF_2). Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/CaF2.html. Acessos em: 15 out. 2024.

Nas outras sugestões de modelos a seguir, a posição central de cada íon é indicada:

- Posição dos íons em um cristal de NaCl. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/NaCl-centros.html.
- Posição dos íons em um cristal de CaF_2. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/CaF2-centros.html. Acessos em: 15 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Sobre uma proposta científica desenvolvida a partir de 1916, consta em um livro universitário:

> Algo único nas configurações eletrônicas dos átomos de gases nobres é responsável pela sua baixa reatividade química, e átomos dos demais elementos combinam-se uns aos outros atingindo configurações eletrônicas como as dos gases nobres.
>
> **Fonte:** PETRUCCI, R. H. *et al*. **General Chemistry:** principles and modern applications. (Tradução dos autores.) 11. ed. Toronto: Pearson, 2017. p. 412.

a. Na época, as eletrosferas de certos elementos químicos foram consideradas modelos de estabilidade. A que grupo da tabela periódica eles pertencem?

b. As ligações químicas interatômicas são as interações que mantêm os átomos unidos, formando as substâncias. O estabelecimento dessas ligações envolve qual parte da eletrosfera? Como tal região é denominada?

c. Qual é a regra elaborada na época citada? Como ela é empregada para prever se um átomo tem a eletrosfera estável ou não? O que diz essa regra e como ela possibilita fazer a previsão?

2. Um átomo eletricamente neutro do elemento químico bromo (Br) pode ficar com eletrosfera similar à de um gás nobre se **receber**:

2. a

a. um elétron. **c.** três elétrons.
b. dois elétrons. **d.** quatro elétrons.

3. Um átomo eletricamente neutro do elemento químico magnésio (Mg) pode ficar com eletrosfera similar à de um gás nobre se **perder**:

3. b

a. um elétron. **c.** três elétrons.
b. dois elétrons. **d.** quatro elétrons.

4. Um átomo eletricamente neutro do elemento químico lítio (Li) pode ficar com eletrosfera similar à de um gás nobre se:

4. a

a. perder um elétron. **c.** receber um elétron.
b. perder dois elétrons. **d.** receber dois elétrons.

SPLINE_X/SHUTTERSTOCK

Amostra de óxido de cálcio (tema da atividade 5) em um cadinho de porcelana. Essa substância tem efeito corrosivo sobre pele, mucosas e olhos, não devendo ser manipulada sem treinamento e equipamento de proteção adequado.

5. A cal viva, usada em construção civil e na agricultura, é representada pela fórmula unitária CaO.

a. Em que grupos da tabela periódica estão os elementos que a constituem?

b. Deduza a carga dos íons presentes, comparando os elementos que formam a cal viva com os gases nobres dos quais eles mais se aproximam.

6. A tabela periódica é um importante **instrumento de consulta**. Utilizando-a, determine as cargas dos íons dos elementos químicos representados a seguir. Em seguida, preveja, para cada par de elementos apresentado, a fórmula unitária do composto formado.

a. K e Br **b.** Ca e Cl **c.** Na e S **d.** Mg e O

7. Denomina-se **valência de um íon** o valor de sua carga, desconsiderando o sinal. Assim, por exemplo, a valência do Na^+ é 1 e a do O^{2-} é 2. Além disso:

- íon **monovalente** é o que tem valência 1;
- íon **bivalente** é o que tem valência 2;
- íon **trivalente** é o que tem valência 3.

Fundamentado nessas informações, classifique, quanto à valência, os íons das atividades **5** e **6**.

8. Considere o composto iônico de fórmula QR, no qual os cátions de Q e os ânions de R obedecem à regra do octeto. Responda e justifique.

a. Q pode ser alcalino e R halogênio?

b. Q pode ser alcalino e R calcogênio?

c. Q pode ser alcalinoterroso e R halogênio?

d. Q pode ser alcalinoterroso e R calcogênio?

9. O espinélio é uma gema (pedra preciosa) que apresenta, em sua composição, dois tipos de cátion e um de ânion. Sua fórmula é $MgAl_2O_x$. Considerando os elementos e a neutralidade elétrica do composto, deduza o valor de *x*.

LUCHSCHENF/SHUTTERSTOCK

Amostra de espinélio (atividade 9) medindo 5 milímetros de largura.

10. (Udesc) Um composto é formado pelo cátion X e ânion Y, com fórmula química representada por X_2Y_3. A respeito desse composto, indique a alternativa **correta**.

10. b

a. O átomo X possui 2 elétrons na camada de valência.

b. O átomo Y possui 6 elétrons na camada de valência.

c. O átomo Y possui 2 elétrons na camada de valência.

d. O átomo X possui 6 elétrons na camada de valência.

e. O composto se estabiliza por ligação química covalente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Leitura inferencial

Tanto na vida pessoal quanto na profissional, uma competência essencial é a de ler e compreender textos, sendo capaz de utilizá-los como fonte de aprendizado.

A compreensão de um texto está intimamente ligada à habilidade de inferir. Fazer uma **inferência** é tirar uma conclusão a partir de informações, dados ou pistas existentes em uma situação ou em um texto.

Em nossa vida diária, realizamos inferências o tempo todo. Se, na estrada, observamos um caminhão capotado e muito danificado, inferimos que um acidente ocorreu e podemos imaginar a gravidade dos ferimentos dos ocupantes do veículo.

A inferência requer experiências de vida e saberes anteriores. Um indivíduo com mais experiência de vida e mais conhecimento de mundo está mais apto a tirar conclusões válidas.

A leitura tem uma importância central no estudo de todas as componentes curriculares. Ao ler, você precisa usar o que já sabe para dar sentido ao que lê. E são as informações presentes em um texto, sejam explícitas (isto é, claramente enunciadas) ou implícitas (isto é, que deduzimos a partir do contexto), que possibilitam inferir.

Uma **leitura inferencial** é aquela em que o leitor busca relacionar o que está lendo com seus saberes.

Para exemplificarmos processos de inferência durante a leitura, consideremos o seguinte parágrafo:

> Até hoje, não foi encontrada **na natureza** nenhuma substância em que átomos de gases nobres estejam combinados entre si ou com átomos de outros elementos. Já foram produzidas, em laboratório, algumas substâncias **artificiais** em que determinados gases nobres (especialmente o xenônio e o criptônio) se combinaram com átomos de outros elementos, embora essa combinação, em geral, exija condições experimentais drásticas, alcançáveis somente de forma artificial. Tais observações evidenciam que os átomos de gases nobres têm baixíssima tendência a se combinar com outros átomos.
>
> **Fonte:** este capítulo, item 1.

Logo no início, o trecho "Até hoje" cria no leitor a expectativa de que se dirá algo referente ao passado e que não apresenta qualquer garantia referente ao futuro.

Em seguida, quando se percebe o destaque dado à expressão "**na natureza**", vem à mente a contraposição entre o que existe naturalmente e aquilo que, embora não exista na natureza, pode ser produzido artificialmente pelo ser humano.

Assim, a primeira frase do texto possibilita ao leitor compreender que não se verificou átomos de gás nobre espontaneamente combinados com outros átomos, sejam eles de gás nobre ou de quaisquer outros elementos químicos. O texto não afirma que isso nunca será observado, apenas que é uma constatação feita até a atualidade.

Para compreender a primeira frase do texto, note que é necessário ao leitor utilizar conhecimentos anteriores, por exemplo, o que é **átomo**, o que é **elemento** (infere-se que o texto fala de **elemento químico**), o que são **gases nobres**, o que é **substância** (infere-se que o texto se refere a **substância química**) e o que significa dizer que um elemento químico está **combinado** com outro constituindo uma substância química.

Na segunda frase do parágrafo, o trecho "Já foram produzidas, em laboratório" e o destaque dado ao adjetivo "**artificiais**" revelam que a inferência anterior do leitor estava correta; o texto fala de algo que nunca foi observado em substâncias naturais, mas que foi constatado em determinadas substâncias produzidas em laboratório.

A interpretação da segunda frase também requer que o leitor evoque saberes anteriores: **xenônio** e **criptônio** são gases nobres. Contudo, ainda que não saiba disso, o leitor pode inferi-lo a partir do trecho explicativo que diz "especialmente o xenônio e o criptônio".

Consideradas em seu todo, as duas primeiras frases do parágrafo permitem fazer outra inferência: quem escreveu o texto desejou contrapor duas ideias, a de que átomos de gases nobres não tendem a se ligar uns aos outros e a de que, em determinadas "condições experimentais drásticas, alcançáveis somente de forma artificial", isso já ocorreu.

Ao final da segunda frase, uma nova inferência pode ser estabelecida pelo leitor: os átomos de gases nobres não tendem a se ligar espontaneamente a outros átomos. E essa hipótese se confirma na terceira e última frase do parágrafo: "Tais observações evidenciam que os átomos de gases nobres têm baixíssima tendência a se combinar com outros átomos".

Perceba que interpretar um texto é extrair dele aquilo que se pretendeu dizer, e essa extração necessariamente requer relações com o que já é sabido. Duas pessoas que leem o mesmo texto podem ter compreensões distintas porque têm repertórios distintos de conhecimento e diferentes capacidades de relacionar o que leem a esse repertório.

Ao ler e estudar, seja no contexto do aprendizado de Ciências da Natureza ou de qualquer outra componente curricular ou, ainda, em quaisquer situações da vida, preste atenção a cada trecho e procure sempre interligá-lo àquilo que já sabe. Estabeleça hipóteses, faça inferências.

Além disso, sempre que for necessário, troque ideias com seus colegas e amigos sobre aqueles textos que não compreendeu bem. Afinal, eles podem ter conhecimentos diferentes dos seus e certamente possuem outras experiências de vida. Em outras palavras, pode ser que seus colegas e amigos sejam capazes de fazer inferências que você não fez.

Para terminar, deixemos bem ressaltadas duas ideias centrais desta discussão. Primeiro, **só atribuímos sentido ao que lemos ao relacionar com conhecimentos que já possuímos** e, segundo, **quanto mais aprendemos, mais repertório temos para aprender coisas novas**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Ligação covalente

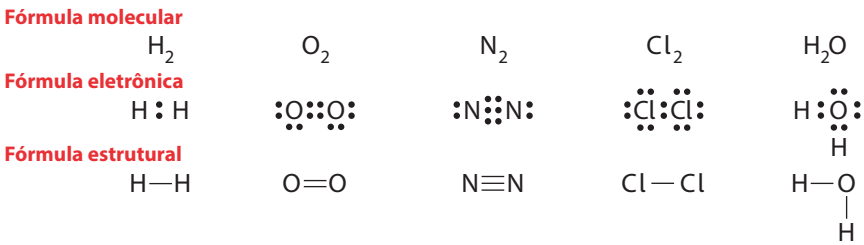
Já comentamos que, quando a diferença de eletronegatividade entre os átomos envolvidos em uma ligação é maior que 1,7, eles tendem a estabelecer ligação iônica. Mas o que acontece quando há ligação química entre átomos que tendem a atrair elétrons e cuja diferença de eletronegatividade é menor que esse valor?

Para compreender o modelo que busca explicar esse tipo de ligação, considere a combinação entre dois átomos de hidrogênio. Cada átomo de hidrogênio possui apenas um elétron e, de acordo com a regra do octeto, ele precisaria de mais um elétron para adquirir a configuração eletrônica do gás nobre hélio. Como os átomos de hidrogênio apresentam a mesma eletronegatividade, supõe-se que os elétrons sejam atraídos igualmente pelos núcleos dos dois átomos.

Dessa forma, durante a aproximação desses átomos, há repulsão eletrostática entre elétron e elétron e também entre núcleo e núcleo. Já entre núcleo e elétron, há atração; cada núcleo atrai os elétrons e é por eles atraído. A ligação se forma quando essas forças eletrostáticas de atração e repulsão se equilibram, caracterizando a **ligação covalente**.

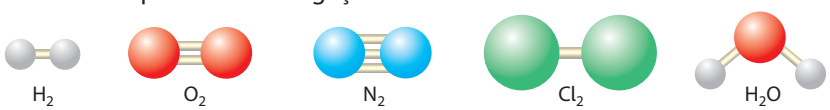
De modo geral, quando a diferença de eletronegatividade entre átomos com alta tendência a atrair elétrons envolvidos em uma ligação é menor que 1,7, o caráter da ligação tende a ser predominantemente covalente. Observe a representação para a ligação entre os dois átomos de hidrogênio.

Um agrupamento de átomos unidos por ligação covalente é denominado **molécula**. Para representá-la, utilizam-se a **fórmula molecular** (que informa os átomos e suas quantidades na molécula), a **fórmula eletrônica** (ou **fórmula de Lewis**, que indica os elétrons de valência, compartilhados ou não) e a **fórmula estrutural** (que representa cada ligação covalente por um traço). Como exemplos, observe as fórmulas, respectivamente, de gás hidrogênio, gás oxigênio, gás nitrogênio, gás cloro e água:



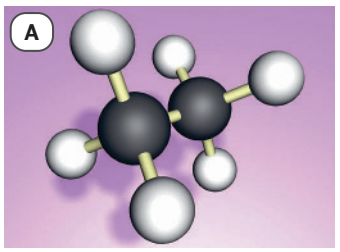
Referindo-nos às moléculas representadas anteriormente, dizemos que: em H_2 e Cl_2, há uma ligação covalente **simples**; em H_2O, há duas ligações covalentes simples; em O_2, há duas ligações covalentes, ou uma ligação covalente **dupla**; em N_2, há três ligações covalentes, ou uma ligação covalente **tripla**.

Uma molécula também pode ser representada por um **modelo molecular**, como os mostrados a seguir, referentes, respectivamente, às moléculas H_2, O_2, N_2, Cl_2 e H_2O. Nesse tipo de representação, cada esfera representa um átomo e cada vareta representa uma ligação covalente.

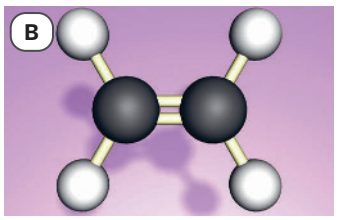


(Modelos moleculares com átomos representados por esferas e ligações representadas por varetas. Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

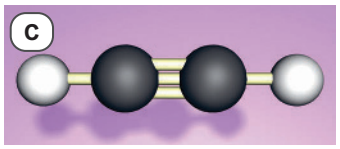
Outros exemplos de modelos moleculares são mostrados na Figura 4, e mais exemplos de fórmulas eletrônicas e de fórmulas estruturais estão listados no Quadro 5.



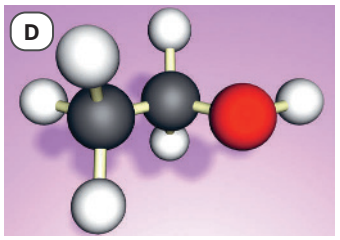
Etano, C_2H_6.



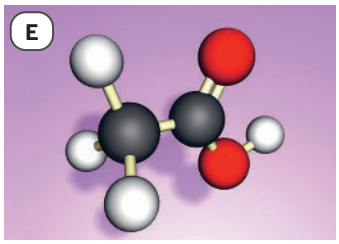
Eteno, ou etileno, C_2H_4.



Etino, ou acetileno, C_2H_2.



Etanol, C_2H_6O.



Ácido acético, ou etanoico, $C_2H_4O_2$.

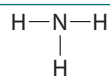
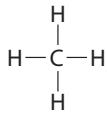
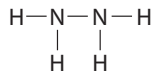
Figura 4. Exemplos de modelos moleculares. Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas (carbono: preto; hidrogênio: branco; oxigênio: vermelho). Varetas indicam ligações covalentes.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quadro 5. Exemplos de substâncias moleculares e suas fórmulas

Substância	Fórmula molecular	Fórmula eletrônica	Fórmula estrutural
Flúor	F_2		F — F
Bromo	Br_2		Br — Br
Dióxido de carbono	CO_2		O = C = O
Sulfeto de hidrogênio	H_2S		
Amônia	NH_3		
Metano	CH_4		
Hidrazina	N_2H_4		

A substância hidrazina, N_2H_4, o último dos exemplos do Quadro 5, e alguns de seus derivados são empregados em diferentes sistemas propelentes de foguetes e de satélites. Um desses sistemas foi inventado pela cientista estadunidense Mary Sherman Morgan (1921-2004) (Fig. 5.A) e usado no foguete que colocou em órbita o primeiro satélite dos Estados Unidos. Outro desses sistemas foi inventado pela engenheira canadense Yvonne Clayes Brill (1924-2013) (Fig. 5.B) e é empregado atualmente para ajustar a órbita de satélites de comunicação.

Embora útil, a regra do octeto apresenta **grande quantidade de exceções**, pois **nem sempre** as ligações químicas são estabelecidas com os átomos envolvidos passando a ter configuração eletrônica semelhante à de gás nobre. Alguns exemplos dessas exceções são BF_3, PF_5, NO, NO_2 e ClO_2, cujas fórmulas eletrônicas são mostradas na Figura 6. Note que os átomos de boro (B), fósforo (P), nitrogênio (N) e cloro (Cl) não estão com oito elétrons na camada de valência.

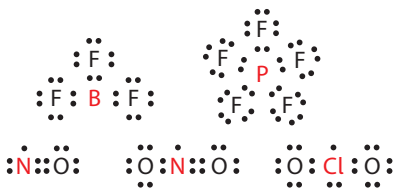


Figura 6. Fórmulas eletrônicas de substâncias que exemplificam exceções à regra do octeto. Em cada fórmula, o símbolo destacado em vermelho ressalta o elemento químico cujo átomo não tem oito elétrons na camada de valência.

GEORGE RICHARD MORGAN

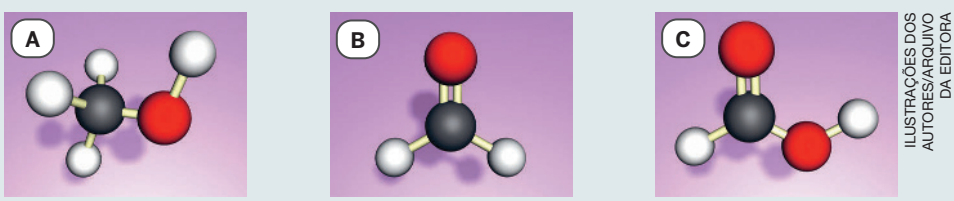
WIN MCNAMEE/GETTY IMAGES

Figura 5. A cientista estadunidense Mary Sherman Morgan, em foto de 1950 (A), e a engenheira canadense Yvonne Clayes Brill, em foto de 2011 (B).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Analisem os modelos moleculares A, B e C, mostrados a seguir (nos quais os códigos de cores são os mesmos da Figura 4) e elaborem as fórmulas molecular, eletrônica e estrutural de cada uma das substâncias representadas. Essas substâncias são **muito tóxicas**. Pesquisem que substâncias são essas, onde são encontradas e, sobretudo, que **riscos** oferecem e que **precauções** devem ser consideradas com relação a elas. Elaborem um resumo (de no máximo uma página) a partir dos resultados da pesquisa.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Modelos moleculares envolvidos nesta atividade. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

11. Uma das maneiras de representar moléculas é pela fórmula estrutural. Elabore essa representação para as substâncias cujos modelos moleculares são mostrados na Figura 4.

12. Para um átomo presente em uma molécula, denomina-se **valência** o número de ligações covalentes que ele faz. Sabendo disso, determine qual é a valência dos átomos em cada substância mencionada no texto do item 4, na Figura 4 e no Quadro 5.

13. (FEI-SP) A fórmula N ≡ N indica que os átomos de nitrogênio estão compartilhando três: 13. e

a. prótons.
b. elétrons.
c. pares de prótons.
d. pares de nêutrons.
e. pares de elétrons.

14. (Covest-PE) Nos compostos covalentes, os átomos dos elementos se ligam através de ligações simples, duplas ou triplas dependendo de suas configurações eletrônicas. Assim, é correto afirmar que as fórmulas estruturais das moléculas H_2, N_2, CO_2 e F_2 são: 14. c

a. H — H, N ═ N, O ≡ C — O, F — F.
b. H — H, N ≡ N, O ≡ C — O, F ═ F.
c. H — H, N ≡ N, O ═ C ═ O, F — F.
d. H — H, N ≡ N, O ≡ C — O, F ═ F.
e. H ═ H, N ≡ N, O ═ C ═ O, F ═ F.

15. (Unesp–SP) Sabendo-se os números atômicos de H ($Z = 1$), C ($Z = 6$) e N ($Z = 7$), a fórmula de Lewis do cianeto de hidrogênio é: 15. a

a. H:C⋮⋮N:
b. H:C::N:
c. H:N::C:
d. H:C:N:
e. :C:N:H

16. Esta atividade se refere aos seguintes elementos químicos: sódio, magnésio, alumínio, silício, fósforo, enxofre e cloro.

a. Consulte a tabela periódica e determine os símbolos e os grupos (as famílias) desses elementos.
b. Sabe-se que três deles se combinam com o hidrogênio formando compostos iônicos. Quais são eles?
c. Escreva as fórmulas dos compostos do item anterior.
d. Sabe-se que os outros quatro elementos se combinam com o hidrogênio formando compostos onde a ligação é covalente. Escreva a fórmula estrutural desses compostos.

17. Baseado nas posições dos elementos na tabela periódica, preveja a fórmula do composto químico formado pelos seguintes pares de elementos químicos:

a. carbono e bromo.
b. magnésio e cloro.
c. potássio e enxofre.
d. nitrogênio e cloro.
e. silício e cloro.
f. fósforo e flúor.

18. O gás hilariante é uma substância de fórmula molecular N_2O. Foi o primeiro anestésico geral usado para a realização de cirurgias. Admitamos que sua fórmula eletrônica seja: 18. d

:N::N::O:

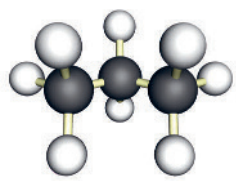
Escolha, entre as opções a seguir, a que melhor descreve as ligações existentes na molécula, segundo essa fórmula.

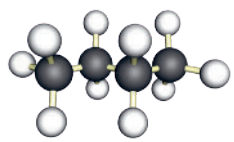
a. Quatro ligações iônicas.
b. Duas ligações covalentes simples.
c. Duas ligações covalentes e duas iônicas.
d. Duas ligações covalentes duplas.
e. Uma ligação covalente quádrupla.

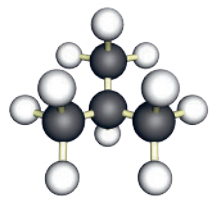
19. Os modelos a seguir representam moléculas de compostos contendo carbono, que são estudados por uma área da Química denominada **Química Orgânica**. Neles, cada esfera representa um átomo e cada vareta representa uma ligação covalente. As cores indicam os elementos químicos, de acordo com o código:

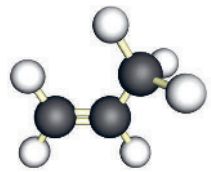
- preto: carbono;
- branco: hidrogênio;
- vermelho: oxigênio;
- azul: nitrogênio.

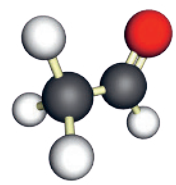
Elabore a fórmula estrutural de cada composto.

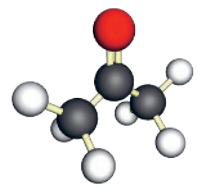
a.


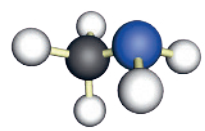
b.


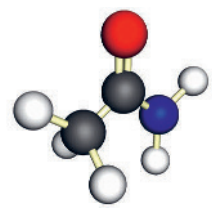
c.


d.


e.


f.


g.


h.


ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

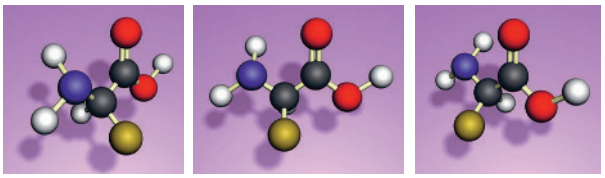
CONTINUAÇÃO

20. Há diferentes tipos de propulsores de foguetes e satélites. Um deles usa a energia liberada na reação de hidrazina (N_2H_4) com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que produz água e gás nitrogênio.

a. Empregue o conceito de eletronegatividade para justificar por que as ligações interatômicas existentes nas quatro substâncias são covalentes.

b. Equacione a reação química mencionada.

21. Vinte diferentes aminoácidos são utilizados na síntese de proteínas em células. As imagens a seguir mostram um mesmo modelo molecular de aminoácido, visto de três ângulos diferentes.



(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Os códigos de cores são os mesmos da Figura 4, incluindo o azul, para o nitrogênio, e ocre, que representa um grupo genérico (—R) que varia de um aminoácido para outro. Na glicina, o mais simples dos aminoácidos, —R é —H. Na alanina, é $—CH_3$, e, na serina, é $—CH_2OH$. Elabore a fórmula estrutural dos aminoácidos citados.

5. Pensamento computacional, algoritmos e fluxogramas em Química

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Pensamento computacional em Química

O **pensamento computacional** é um processo cognitivo (isto é, relacionado às estruturas mentais do pensamento, da aprendizagem e do raciocínio) que envolve uma maneira lógica de abordar problemas a serem solucionados e proporciona habilidades de **analisar situações**, **fazer generalizações**, **identificar padrões e representar conceitos abstratos** de forma simplificada, deixando de lado elementos menos importantes do problema a fim de priorizar aqueles que têm maior relevância.

O pensamento computacional envolve a **modelagem** de determinados tipos de problema e suas soluções, isto é, descrever esses problemas e suas respectivas resoluções de maneira racional, expressando as etapas a serem executadas por meio de palavras e/ou equações.

Durante a modelagem, desmembramos situações-problema em **problemas menores**, mais simples de serem resolvidos individualmente. Feito isso, as soluções podem ser reunidas para obter uma solução integrada dessas partes, que resolve o problema maior inicialmente proposto.

Ao aprender fundamentos de pensamento computacional, você desenvolve habilidades que podem ser usadas em diversos momentos do estudo de conteúdos escolares e também em diversas situações da sua vida.

Algoritmos

O pensamento computacional inclui o **raciocínio algorítmico**, por meio do qual são definidas as **etapas de resolução**, incluindo a explicitação das ações que devem ser seguidas em cada etapa.

Um **algoritmo** é uma sequência de etapas que constituem o procedimento para resolver determinado problema, que pode incluir ações, regras e decisões sobre ramificações da sequência de ações a executar.

Imagine, por exemplo, que desejemos orientar alguém sobre como elaborar a fórmula molecular de uma substância a partir de um modelo que representa sua molécula (um modelo molecular). Desconsidere a ordem dos símbolos dos elementos químicos na fórmula molecular e considere que a correspondência entre os componentes do modelo e os elementos químicos é conhecida. As etapas dessa elaboração podem ser expressas sob a forma do seguinte algoritmo:

1. Escolha um dos elementos químicos presentes no modelo molecular.

2. Procure na tabela periódica o símbolo que representa esse elemento químico.

3. Escreva o símbolo desse elemento químico.

4. Escreva, à direita do símbolo, um índice (número subscrito) que indique quantos átomos desse elemento existem na molécula. Se o índice for "1", não precisa escrevê-lo.

5. Há um ou mais elementos ainda não considerados? Se houver, escolha um deles e repita as instruções a partir do passo **2**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fluxogramas

Quando for conveniente, um algoritmo pode ser expresso por meio de um **fluxograma**, que é uma representação gráfica da **ordem de execução** das etapas que constituem o algoritmo.

Para exemplificar um algoritmo, imagine que seu telefone celular não está realizando chamadas de voz. Uma possível maneira de executar etapas para resolver esse problema é descrita no fluxograma da Figura 7. Analise-o detalhadamente, verificando a sequência em que as etapas devem ser realizadas em diferentes situações.

Podem existir diferentes algoritmos que resolvem um mesmo problema. Além disso, um algoritmo pode ser representado graficamente de modos diferentes, isto é, por fluxogramas que parecem visualmente diferentes mas que expressam a mesma sequência lógica de realização das etapas do algoritmo.

Erro (ou falha) de lógica

Frequentemente, ao usar pensamento computacional para resolver determinado problema, o algoritmo elaborado pode conter falhas que inviabilizam a obtenção de uma solução correta. Entre essas falhas podem estar ações incorretamente descritas, erros na ordem das etapas e perguntas (referentes a decisões sobre o caminho a seguir) feitas em momentos não adequados.

Dizemos que um algoritmo contém um **erro de lógica** (ou uma **falha de lógica**) quando as ações propostas nas etapas e/ou o seu encadeamento não conduzem a uma solução satisfatória para o problema.

Fluxogramas e algoritmos dão origem a aplicativos

Usando **linguagens de programação** de computador adequadas, algoritmos podem ser transcritos em conjuntos de instruções executáveis por computadores. Os resultados são o que denominamos **programas** ou **aplicativos** (Fig. 8).

Cada programa que rodamos em computadores ou aplicativo que usamos em celulares e *tablets* é o resultado de centenas, milhares ou milhões de linhas de código escritas em linguagem de programação a partir de ideias formuladas como algoritmos e fluxogramas.

Uma única linha de código errada pode originar um mau funcionamento durante a execução do programa de computador. Esse tipo de problema originado por falha de lógica também é conhecido como *bug*.

O procedimento de analisar detalhadamente um algoritmo para eliminar os erros existentes é chamado de **depuração**. O verbo depurar também é empregado pelos programadores para se referirem ao processo de encontrar os erros de um programa de computador e resolvê-los.

Exemplo de fluxograma

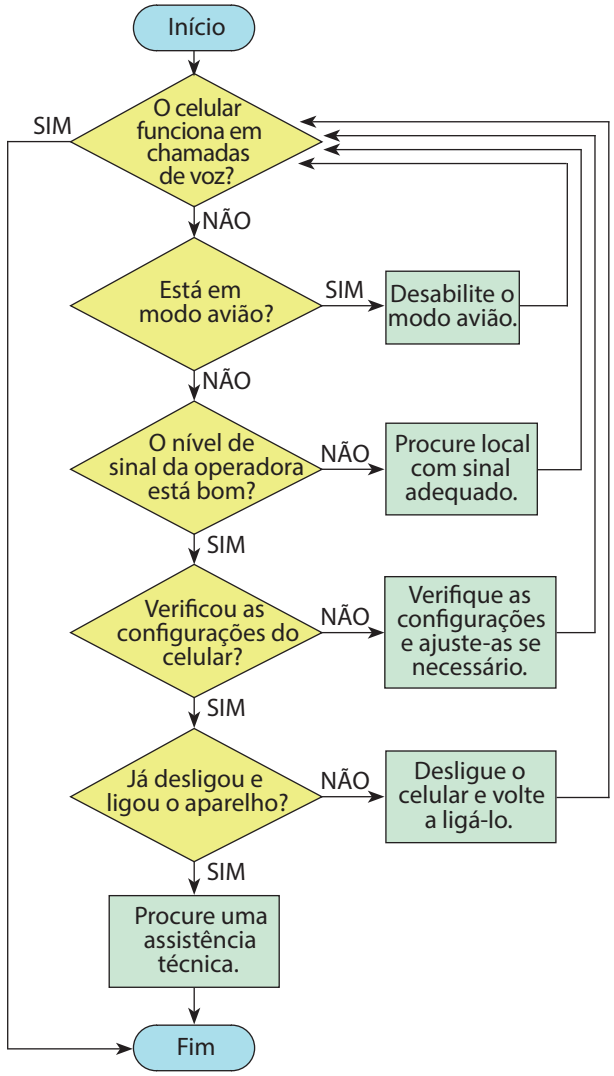
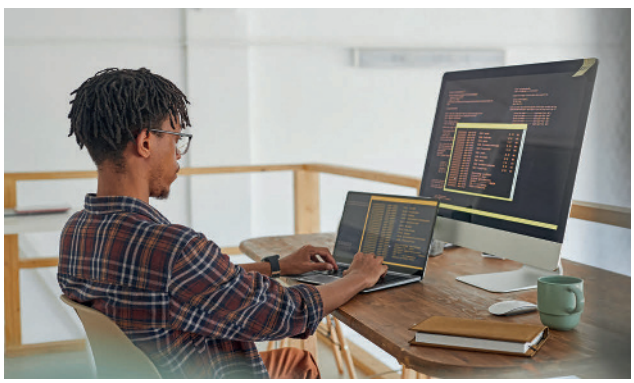


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 7. Um fluxograma que expressa um possível algoritmo para resolver o problema de um telefone celular que não está realizando chamadas de voz.



SEVENTYFOUR/SHUTTERSTOCK

Figura 8. Programas de computador são conjuntos de instruções algorítmicas executáveis pela máquina.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

22. Considere a seguinte representação das etapas para pedir comida por meio de um aplicativo no qual a pessoa já esteja cadastrada.

22. d

Representação referente à atividade 22

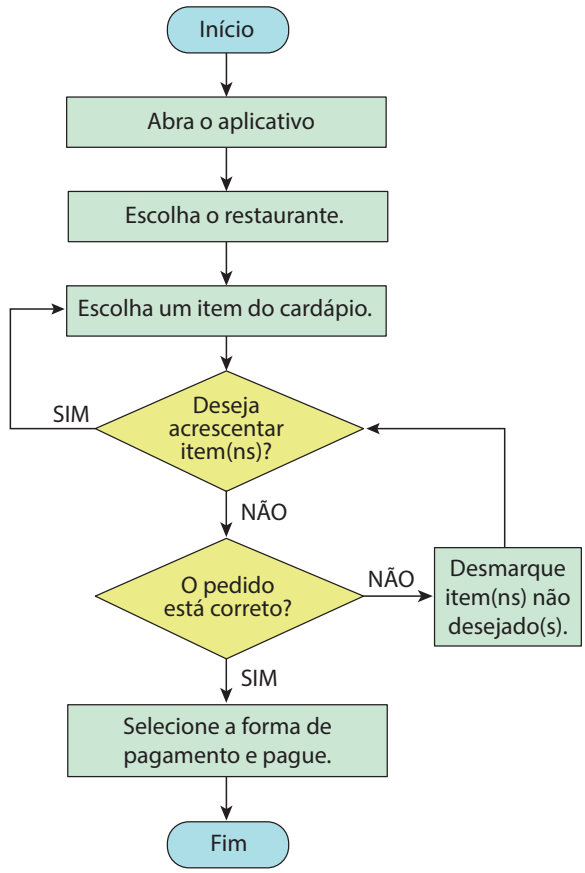


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Sobre a representação apresentada, ela é:

a. um programa de computador.

b. uma ideia apresentada por meio de um código chamado linguagem de máquina.

c. um raciocínio que não admite aprimoramento, pois já é muito abrangente.

d. um fluxograma que expressa um algoritmo.

23. Se, na representação mostrada na atividade anterior, as palavras "SIM" e "NÃO" fossem inadvertidamente trocadas de lugar entre si, isso:

23. b

a. afetaria a abrangência do algoritmo, mas ele ainda continuaria válido.

b. provocaria um erro de lógica e o algoritmo deixaria de ser válido para atingir a meta pretendida.

c. não afetaria a validade do algoritmo.

d. não provocaria erro de lógica, pois quem segue as instruções de um algoritmo tem sempre a obrigação de modificá-lo, fazendo as alterações necessárias.

24. Analise o algoritmo representado pelo fluxograma:

Fluxograma para a atividade 24

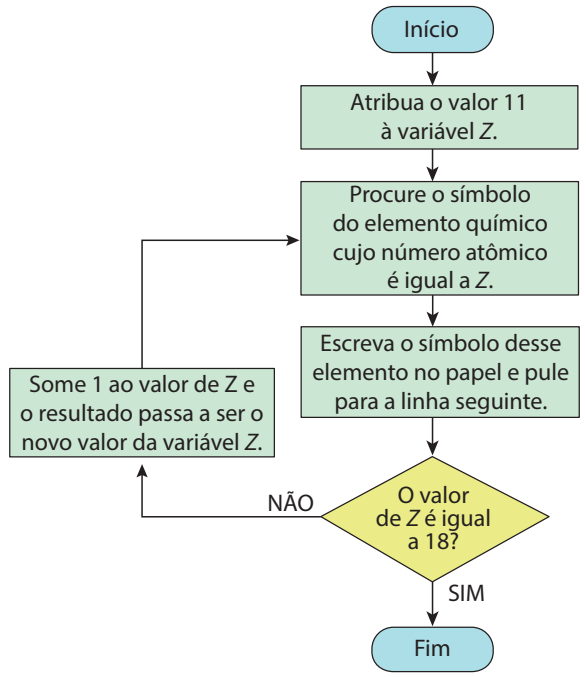


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Qual será o resultado registrado no papel ao executar as instruções? A que período da tabela periódica pertencem os elementos químicos cujos símbolos serão escritos?

25. O algoritmo da atividade anterior pode ser adaptado para que apresente, como resultado, os símbolos dos elementos químicos denominados lantanídios. Faça as adaptações necessárias, e realize uma simulação da execução do algoritmo para verificar se ele está correto.

26. O seguinte conjunto de instruções, apresentado no texto, constitui um algoritmo para elaborar a fórmula molecular de uma substância a partir de um modelo molecular.

1. Escolha um dos elementos químicos presentes no modelo molecular.
2. Procure na tabela periódica o símbolo que representa esse elemento químico.
3. Escreva o símbolo desse elemento químico.
4. Escreva, à direita do símbolo, um índice (número subscrito) que indique quantos átomos desse elemento existem na molécula. Se o índice for "1", não precisa escrevê-lo.
5. Há um ou mais elementos ainda não considerados? Se houver, escolha um deles e repita as instruções a partir do passo 2.

Elabore um fluxograma que expresse o algoritmo apresentado. Simule a execução (por exemplo, com os modelos da Figura 4 deste capítulo) para verificar se o resultado é o pretendido. Se não for, aprimore o fluxograma até atingir o objetivo desejado.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

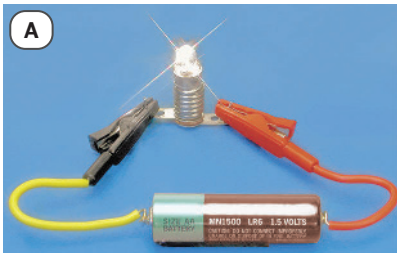
6. Ligação metálica

No circuito elétrico da Figura 9.A, o acendimento da lâmpada evidencia o estabelecimento de uma corrente elétrica, fluxo ordenado de cargas elétricas, pelos fios metálicos, a pilha e a lâmpada. A corrente elétrica em uma **substância metálica** como o cobre consiste no movimento ordenado de elétrons através dele (Fig. 9.B). Metais são bons condutores de corrente elétrica porque seus elétrons de valência estão livres para se mover no sólido.

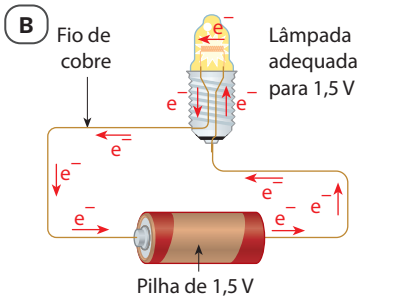
A condução de corrente elétrica pelos metais em fase sólida pode ser explicada por um modelo de ligação química de natureza elétrica baseado na atração entre íons positivos e elétrons, a **ligação metálica**. Como os metais apresentam baixos valores de eletronegatividade, seus elétrons de valência são pouco atraídos por seus núcleos, e, por isso, os metais apresentam tendência a perder elétrons e formar cátions. Com base nisso, propõe-se que a estrutura dos metais seja formada por um conjunto de cátions e elétrons, sendo que os últimos podem se movimentar nessa estrutura (Fig. 10), denominada **retículo cristalino metálico**.

A repulsão entre os cátions é neutralizada em razão da presença dos elétrons. A boa condutibilidade elétrica desses materiais pode ser explicada considerando que os elétrons de valência são pouco atraídos pelos núcleos e se movem dentro da estrutura metálica.

O movimento dos elétrons é desordenado, mas, quando as extremidades do metal são conectadas a uma fonte de tensão elétrica (uma pilha, por exemplo), eles passam a se movimentar de forma ordenada, de um extremo ao outro da estrutura, constituindo uma corrente elétrica.



EDUARDO SANTALIESTRA/ ARQUIVO DA EDITORA



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

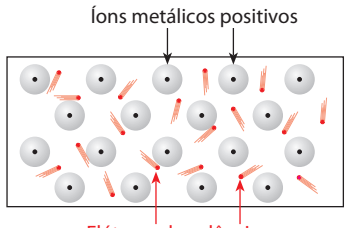
Figura 9. Circuito elétrico (A) feito com fios de cobre, pilha de 1,5 V e lâmpada adequada a essa tensão elétrica. A lâmpada pode ser substituída por um LED (diodo emissor de luz) compatível. Esquematização do circuito (B) e do sentido da movimentação dos elétrons (e^-) nos componentes metálicos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Propriedades gerais de substâncias metálicas

As substâncias metálicas são úteis ao ser humano devido às suas propriedades, que, de modo bem genérico, comentaremos a seguir. Quando polidas, refletem muito bem a luz, apresentando um **brilho metálico** característico, fácil de perceber em bandejas e espelhos de prata. A **condutividade térmica** e a **condutividade elétrica** são, em geral, elevadas; a agitação térmica das partículas possibilita a eficiente propagação do calor, e o movimento ordenado dos elétrons constitui a corrente elétrica.

A maioria dos metais apresenta altas temperaturas de fusão (*TF*) e de ebulição. Há, contudo, exceções a essa tendência, como mercúrio ($TF = -39$ °C, a 1 atm), gálio ($TF = 30$ °C, a 1 atm) e potássio ($TF = 64$ °C, a 1 atm).

Metais têm alta **ductilidade** (são facilmente transformados em fios) e alta **maleabilidade** (são facilmente transformados em lâminas). Como as ligações metálicas têm a mesma intensidade em todas as direções, muitos metais podem ser deformados sem que se destrua sua estrutura cristalina.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Materials Science and Engineering**. 10. ed. Hoboken: John Wiley, 2018. p. 39.

Figura 10. Esquematização de um modelo para a ligação metálica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Ligas metálicas

Os metais também podem formar diferentes **ligas metálicas** (Fig. 11). O **ouro 18 quilates** é liga de ouro e cobre (e, eventualmente, outros metais, como prata), o **bronze** é liga de cobre e estanho usada em sinos, estátuas, medalhas e monumentos, o **latão** é liga de cobre e zinco utilizada em zíperes, torneiras, conexões hidráulicas e instrumentos musicais. O **aço**, comentado na abertura deste capítulo, é uma liga de ferro com pequena quantidade de carbono.

Ao se desenvolver uma liga metálica, é possível obter um material com propriedades diferenciadas dos materiais individuais usados em sua elaboração. Um objeto pode ser constituído de diferentes ligas metálicas.

Comente que o metal mais dúctil e maleável é o **ouro**: 1 g pode ser transformado em 2 km de fio! Sobre sua maleabilidade, lembre-os de que, no experimento de dispersão de partículas alfa (Capítulo 3), foi usada uma finíssima folha de ouro com espessura da ordem de 0,00004 cm.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Figura 11. Exemplos de aplicação de ligas metálicas: (A) anéis de ouro 18 quilates; (B) chave de bronze antiga; (C) conexões hidráulicas de latão; (D) arame de aço flexível (com baixo teor de carbono) revestido de zinco, material denominado ferro galvanizado; (E) ferramenta de aço; (F) cortador de unha de aço inoxidável (aço aditivado com crômio e/ou níquel); (G) cadeado de latão com haste de aço inoxidável.

Dialogando com o texto

Caso seja possível, sugerimos acessar modelo tridimensional do retículo cristalino da prata metálica. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/prata.html. Acesso em: 15 out. 2024.

Também sugerimos acessar outro tipo de representação, na qual apenas a posição central de cada átomo de prata é indicada.

Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/prata-centros.html. Acesso em: 15 out. 2024.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

27. Analise atentamente as seguintes afirmativas e indique se são verdadeiras ou falsas.

F **a.** Um pedaço de metal sólido é constituído por moléculas.

F **b.** Quando átomos de metal se unem por ligação metálica, eles passam a ficar com o octeto completo.

F **c.** Num retículo cristalino metálico os átomos podem estar unidos por ligações iônicas ou covalentes.

V **d.** Metais são bons condutores de corrente elétrica, pois apresentam elétrons livres.

V **e.** Metais são bons condutores de calor, pois apresentam elétrons livres.

V **f.** O aço é uma liga que apresenta alta resistência à tração, daí ser usado em cabos de elevador e em construção civil.

28. (Fatec-SP) A condutibilidade elétrica dos metais é explicada admitindo-se: 28. d

a. ruptura de ligações iônicas.
b. ruptura de ligações covalentes.
c. existência de prótons livres.
d. existência de elétrons livres.
e. existência de nêutrons livres.

29. (UFU-MG) Entre as substâncias simples puras constituídas por átomos de S, As, Cd, I e Br, a que deve conduzir melhor a corrente elétrica é a substância: 29. c

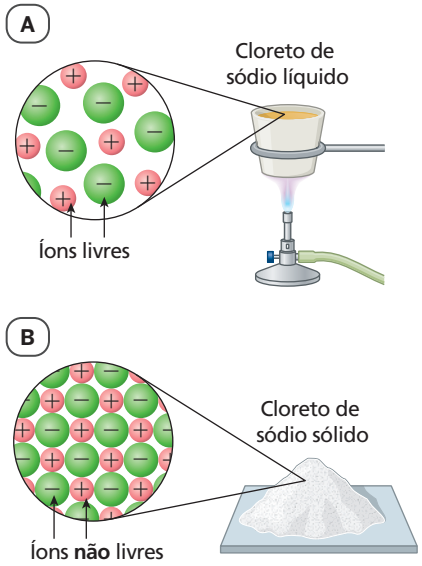
a. enxofre.
b. arsênio.
c. cádmio.
d. iodo.
e. bromo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

7. Influência das ligações interatômicas em algumas propriedades físicas das substâncias

Conforme comentamos, as substâncias metálicas conduzem corrente elétrica na fase sólida por causa da existência de elétrons livres para se movimentar em sua estrutura. Quando elas passam para a fase líquida (isto é, são fundidas), esses elétrons continuam apresentando mobilidade e, portanto, a condutividade elétrica se mantém.

Uma substância iônica, por sua vez, pode conduzir eletricidade em fase líquida, pois, nessas circunstâncias, os íons que a constituem não estão fortemente atraídos em um retículo cristalino, mas livres para se movimentar (Fig. 12.A). Na fase sólida, ao contrário, as substâncias iônicas não conduzem a corrente elétrica porque os íons estão confinados em posições do retículo cristalino mediante fortes interações eletrostáticas com íons vizinhos de cargas opostas e, por isso, não têm mobilidade através da amostra (Fig. 12.B).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 12. Substâncias iônicas líquidas (A), isto é, fundidas, conduzem corrente elétrica por causa dos íons livres. Uma substância iônica sólida não conduz corrente elétrica porque os íons não têm mobilidade (B). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Ao contrário dos íons, as moléculas (resultantes de ligações covalentes entre átomos) não possuem carga elétrica, ou seja, são eletricamente neutras. Assim, as substâncias moleculares, independentemente da fase em que se encontram a 25 °C e 1 atm, não apresentam cargas livres e, portanto, não costumam conduzir corrente elétrica nessas condições. Muitas substâncias existentes nos organismos vivos são de natureza molecular, como a água, os aminoácidos e os lipídios (Fig. 13).

Agora, um comentário de **importância para sua segurança**, a respeito da água (substância molecular) e de sua condutividade elétrica! A "água" com que temos contato em nosso dia a dia **não** é pura. Seja ela proveniente da torneira, de nascente mineral, de lago ou mar, está misturada com diversas substâncias, entre elas compostos iônicos, cujos íons estão dissolvidos, e, nessas circunstâncias, têm mobilidade para conduzir corrente elétrica. Em outras palavras, a "água" com que temos contato é uma solução aquosa que contém solutos (substâncias dissolvidas) que a tornam condutora elétrica. Então, **nunca** deixe água entrar em contato com tomadas, fios ou equipamentos elétricos. Além disso, jamais opere equipamentos conectados à rede elétrica (secadores de cabelo, barbeadores e "chapinhas" por exemplo) se você estiver em banheiras ou piscinas. Desrespeitar essas recomendações pode causar **acidentes graves**.

FLASHON STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 13. Os seres vivos são constituídos de grande diversidade de substâncias químicas moleculares (água, aminoácidos e lipídios, por exemplo) e iônicas (que estão, em geral, dissolvidas na água corporal). Algumas substâncias moleculares participam de reações químicas nos organismos que originam outro tipo de substância, as macromoleculares (proteínas e ácidos nucleicos, por exemplo). As substâncias macromoleculares são um dos temas do Capítulo 5.

Além de influenciarem a condutividade elétrica das substâncias, as ligações interatômicas também estão relacionadas com as temperaturas de fusão e de ebulição das substâncias.

As substâncias metálicas, quando em fase sólida, apresentam retículo cristalino metálico, no qual alguns dos elétrons têm mobilidade através de toda a estrutura. Diversos metais têm altas temperaturas de fusão e de ebulição, sendo, em sua maioria, sólidos nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm).

Os compostos iônicos, em geral, também são sólidos à temperatura e pressão ambientes (25 °C e 1 atm), pois a atração eletrostática mantém os cátions e os ânions fortemente ligados uns aos outros em uma estrutura cristalina. Eles apresentam temperaturas de fusão e ebulição relativamente elevadas, pois uma grande quantidade de energia é necessária para separar os íons e vencer a atração eletrostática entre eles. O NaCl, por exemplo, submetido à pressão de 1 atm, funde a 801 °C e entra em ebulição a 1.465 °C.

Por outro lado, a temperatura de fusão e a temperatura de ebulição das substâncias moleculares dependem de fatores como as interações entre as moléculas, pois elas são as responsáveis pela agregação das moléculas em conjuntos macroscópicos, cujas propriedades podem ser experimentalmente determinadas. Assim, a 25 °C e 1 atm, existem substâncias moleculares sólidas (por exemplo, sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, glicose, $C_6H_{12}O_6$, e ureia, CH_4N_2O), líquidas (como água, H_2O, etanol, C_2H_6O, e propanona ou acetona, C_3H_6O) e gasosas (como gás oxigênio, O_2, gás nitrogênio, N_2, metano, CH_4, e amônia, NH_3). Veja alguns exemplos na Figura 14.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SEBASTIAN JANICKI/SHUTTERSTOCK

LEONIDAS SANTANA/SHUTTERSTOCK

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 14. (A) O enxofre rômbico é uma substância molecular sólida a 25 °C e 1 atm, constituída de moléculas de fórmula S_8 que se mantêm unidas por intensas forças atrativas. (Largura da amostra: 10 cm.) (B) O etanol (C_2H_6O) é um composto molecular líquido a 25 °C e 1 atm. Seu estado de agregação, nessas condições, facilita o abastecimento de automóveis em que é usado como combustível. (C) O gás nitrogênio (N_2) é uma substância molecular gasosa a 25 °C e 1 atm. Em temperaturas inferiores a −196 °C, apresenta-se líquido e pode ser utilizado em sistemas de refrigeração e congelamento. No tubo de ensaio da foto, há nitrogênio líquido em ebulição.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

As propriedades dos materiais, influenciadas pelo tipo de ligação química interatômica, são determinantes na escolha para aplicações específicas.

Em equipes, elaborem quatro textos curtos **propondo** a resposta das perguntas a seguir e **argumentando** em favor dela. Em dia marcado pelo professor, compartilhem oralmente suas respostas com os colegas da turma.

1. O ouro é conhecido e usado desde a Antiguidade para elaborar adornos e objetos artísticos. Por que esse metal é adequado para tal finalidade?
2. Que tipos de substâncias devem ser utilizados em fiações elétricas? Considerem a finalidade da parte interna e da parte externa desses fios.
3. Qual é o material usado, em mistura com concreto, para fazer concreto armado para construção de casas, edifícios e pontes? Que componente do concreto armado o torna resistente à tração? E à compressão? Por que, em Engenharia Civil, esses dois componentes são usados conjuntamente?
4. É perigosíssimo deixar que água entre em contato com tomadas, fios metálicos sob tensão elétrica e equipamentos elétricos e eletrônicos. Por quê? Pesquisem **recursos digitais** (vídeos, simulações, diagramas) que possam ser usados para **simular** esses riscos e, consequentemente, **argumentar** em favor dessas precauções.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

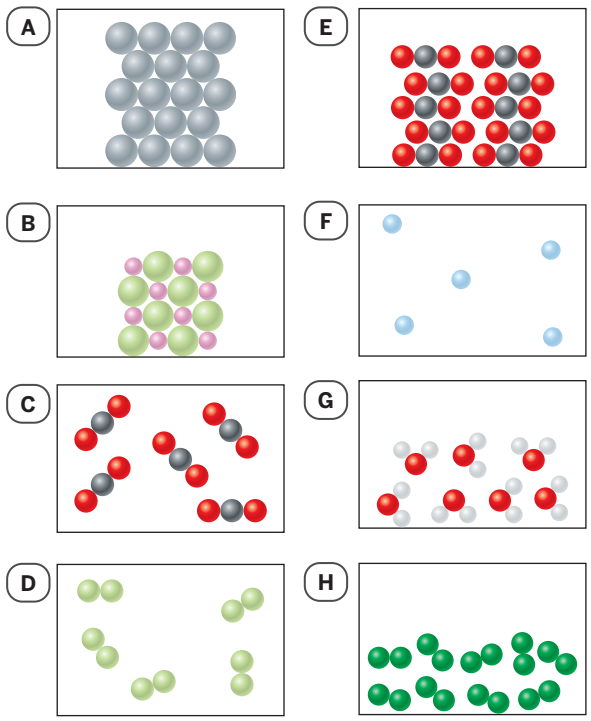
30. Em uma postagem nas redes sociais, estava a afirmação de que "todas as substâncias químicas são formadas por moléculas". Como você modificaria essa frase, de modo a **corrigir o erro** nela existente?

31. Em um laboratório de análises, há a necessidade de confirmar se determinada amostra é metálica. Apresente cinco propriedades que, consideradas em conjunto, possibilitam fazer essa confirmação.

32. Ouro (Au) e iodo (I_2) são substâncias sólidas nas condições ambientes (25 °C e 1 atm). Comparando o tipo de ligação química interatômica existente, é possível prever qual apresenta maior temperatura de fusão. Faça essa previsão e explique como chegou a ela.

33. Comparando as substâncias de fórmulas HBr e KBr, é possível prever qual apresenta maior temperatura de fusão. Diga qual é e explique o que fundamentou sua previsão.

34. Interpretar modelos é uma habilidade que se desenvolve ao estudar Ciências da Natureza. Analise os modelos **A** a **H** e associe-os a zinco sólido, cloreto de sódio sólido, água líquida, dióxido de carbono gasoso (gás carbônico), dióxido de carbono sólido (gelo-seco), gás hélio, gás cloro e bromo líquido.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Unicamp-SP) A ureia (CH_4N_2O) é o produto mais importante de excreção do nitrogênio pelo organismo humano. Na molécula da ureia, formada por oito átomos, o carbono apresenta duas ligações simples e uma dupla, o oxigênio uma ligação dupla, cada átomo de nitrogênio três ligações simples e cada átomo de hidrogênio uma ligação simples. Átomos iguais não se ligam entre si. Baseando-se nessas informações, escreva a fórmula estrutural da ureia, representando ligações simples por um traço (—) e ligações duplas por dois traços (═).

2. (UCSal-BA) Ao formar ligações covalentes com o hidrogênio, a eletrosfera do silício adquire configuração de gás nobre. Com isso, é de se esperar a formação da molécula:
2. d
a. SiH
b. SiH_2
c. SiH_3
d. SiH_4
e. SiH_5

3. (Unifor-CE) Quando se comparam as espécies químicas CH_4, NH_3 e NaCl, pode-se afirmar que os átomos estão unidos por ligações covalentes somente no:
3. a
a. CH_4 e no NH_3
b. NH_3 e no NaCl
c. CH_4 e no NaCl
d. CH_4
e. NH_3

4. (Unitau-SP) Das seguintes substâncias, a única que não apresenta ligação covalente é:
4. e
a. HCl
b. H_2O_2
c. NH_3
d. CO_2
e. Al_2O_3

5. (PUC-RS) O elemento A tem número atômico 11 e o elemento B, 8. O composto mais provável formado pelos elementos A e B será:
5. c
a. líquido nas condições ambientais.
b. um sólido com baixa temperatura de fusão.
c. bom condutor de eletricidade quando fundido.
d. um composto de fórmula genérica AB_2.
e. insolúvel em água.

6. (UCSal-BA) Os metais podem combinar com halogênios por meio de ligações iônicas, formando compostos que se caracterizam por:
6. a
a. apresentarem altas temperaturas de fusão e ebulição.
b. serem condutores de eletricidade no estado sólido.
c. compartilharem elétrons.
d. se apresentarem como líquidos ou gases em temperatura ambiente.
e. serem moleculares.

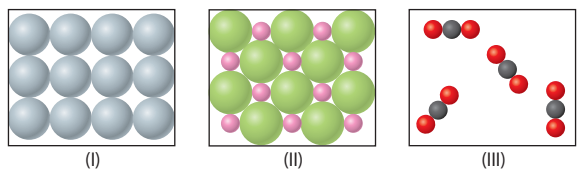
7. (UFRGS) Ao se compararem os íons K^+ e Br^- com os respectivos átomos neutros de que se originaram, pode-se verificar que:
7. a
a. houve manutenção da carga nuclear de ambos os íons.
b. o número de elétrons permanece inalterado.
c. o número de prótons sofreu alteração em sua quantidade.
d. ambos os íons são provenientes de átomos que perderam elétrons.
e. o cátion originou-se do átomo neutro a partir do recebimento de um elétron.

8. (Mackenzie-SP) Para que átomos de enxofre e potássio adquiram configuração eletrônica igual à dos gases nobres, é necessário que:
8. e
Dados: número atômico S = 16; K = 19
a. o enxofre receba 2 elétrons e que o potássio receba 7 elétrons.
b. o enxofre ceda 6 elétrons e que o potássio receba 7 elétrons.
c. o enxofre ceda 2 elétrons e que o potássio ceda 1 elétron.
d. o enxofre receba 6 elétrons e que o potássio ceda 1 elétron.
e. o enxofre receba 2 elétrons e que o potássio ceda 1 elétron.

9. (PUC-MG) Para o estudo das relações entre o tipo de ligação química e as propriedades físicas das substâncias **X** e **Y**, sólidas à temperatura ambiente, foram realizados experimentos que permitiram concluir que:
9. c
- a substância **X** conduz corrente elétrica no estado líquido, mas não no estado sólido;
- a substância **Y** não conduz corrente elétrica em nenhum estado.

Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:
a. a substância **X** é molecular e a substância **Y** é iônica.
b. a substância **X** é iônica e a substância **Y** é metálica.
c. a substância **X** é iônica e a substância **Y** é molecular.
d. as substâncias **X** e **Y** são moleculares.

10. (Fuvest-SP) As figuras a seguir representam, esquematicamente, estruturas de diferentes substâncias, à temperatura ambiente:
10. d


(I) (II) (III)

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Sendo assim, as figuras I, II e III podem representar, respectivamente,
a. cloreto de sódio, dióxido de carbono e ferro.
b. cloreto de sódio, ferro e dióxido de carbono.
c. dióxido de carbono, ferro e cloreto de sódio.
d. ferro, cloreto de sódio e dióxido de carbono.
e. ferro, dióxido de carbono e cloreto de sódio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 5

Fundamentos dos compostos orgânicos

FABIO COLOMBINI/ARQUIVO DO FOTÓGRAFO

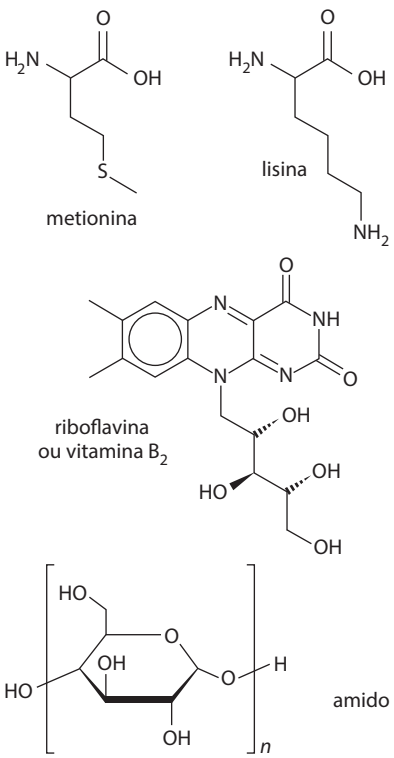
PAULO VILELA/SHUTTERSTOCK

O acarajé e o vatapá são pratos de origem africana trazidos para o Brasil na época colonial e que hoje fazem parte da culinária nordestina. (A) Baiana servindo bolinhos de acarajé recheados com vatapá (Salvador, BA, 2018). (B) Três bolinhos de acarajé recheados com vatapá.

Os bolinhos de acarajé recheados com vatapá constituem um prato brasileiro de origem africana. O acarajé é uma massa de feijão-fradinho batido com condimentos. O vatapá é um caldo grosso que pode ser feito de pão amanhecido e farinha de trigo, que costuma ter peixe, camarão, pimentão verde ou vermelho e azeite de dendê em sua composição.

Os ingredientes desses pratos fornecem diversas substâncias necessárias à nutrição humana. A metionina (proveniente, por exemplo, do peixe) e a lisina (encontrada no feijão) estão entre os aminoácidos essenciais, aqueles que nosso corpo não consegue produzir e, por isso, devem ser ingeridos. O amido (presente na farinha de trigo) é um carboidrato. As vitaminas A e E (presentes no azeite de dendê), a vitamina B_2 (existente no peixe) e a vitamina C (presente nos pimentões) são nutrientes importantes para o funcionamento adequado de nosso organismo.

Neste capítulo, vamos conhecer alguns compostos estudados pela Química Orgânica e conhecer termos e conceitos relacionados a eles. Como exemplos introdutórios, escolhemos algumas entre as muitas substâncias presentes no acarajé e no vatapá. Essas substâncias são a metionina ($C_5H_{11}NO_2S$), a lisina ($C_6H_{14}N_2O_2$), o amido $[(C_6H_{10}O_5)_n]$ e a riboflavina ou vitamina B_2 ($C_{17}H_{20}N_4O_6$). Possíveis representações para suas moléculas são mostradas nesta página. Por que não há o símbolo do carbono em nenhuma dessas representações? O que são os traços em zigue-zague? O que significa o hexágono com um círculo na representação da riboflavina?



Representações de substâncias mencionadas no texto.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

MULTICULTURALISMO

Você conhece o Acarajé?

Acarajé é uma das mais tradicionais especiarias populares no Brasil e carrega uma história cultural ainda pouco conhecida. Ele é vendido por todo o país, principalmente em regiões turísticas da Bahia, produzido majoritariamente por mulheres – mães e filhas de santo –, e oferecido no tabuleiro, onde acompanha também outras iguarias baianas, como o abará, o lelê, a cocada preta, a cocada branca, o pé-de-moleque, a passarinha, o bolo de estudante. Além disso, como se assemelha a um balcão, o tabuleiro também tem espaço para guardar panelas, colheres de pau e objetos rituais, como figas, dandás e colares de conta.

[...]

De onde ele vem?

Difundida no candomblé e ofertada para a orixá Iansã, a receita chegou ao Brasil vinda do Golfo do Benim, na África Ocidental, por imigrantes africanos na época da escravidão.

A palavra **acarajé** se origina da língua africana iorubá: *akará* = bola de fogo e *jé* = comer, sendo assim, "comer bola de fogo". O significado vem da história de Xangô com sua esposa Iansã.

Conforme a narrativa da Fundação Joaquim Nabuco, "Iansã, a deusa dos ventos e das tempestades, foi à casa de Ifá (oráculo africano) buscar um alimento para seu marido. Ifá o entregou recomendando que quando Xangô comesse [e] fosse falar para o povo. Desconfiada, Iansã o provou antes de entregá-lo ao marido e nada aconteceu. Chegando em casa, entregou o preparado a Xangô, sem esquecer de repassar as informações do Ifá. Xangô o comeu e quando estava falando ao povo, começaram a sair labaredas de fogo da sua boca. Aflita, Iansã correu para ajudá-lo, começando também a ter labaredas de fogo saindo da sua boca. Diante disso, o povo começou a saudá-los de grandes reis de Oyó, ou seja, grandes reis do fogo".

[...]

Quando ofertada para os orixás, a receita é apenas frita, não podendo ser modificada e só deve ser preparada por filhos de santo, não havendo dissociação do candomblé. O acarajé é preparado com diferentes formas e tamanhos, de acordo com a oferenda. O maior e mais redondo é oferecido a Xangô e os menores para os obás (ministros de Xangô) e para os erês (intermediários entre a pessoa e seu orixá). Para Iansã, são oferecidos tradicionalmente nove acarajés, também pequenos – ela é considerada a deusa dos nove partos/filhos e a crença diz que o número está ligado às passagens desse orixá. Sendo assim, ofertando a ele essa quantidade de acarajés, é possível que se consiga maiores graças.

[...]

A comercialização do acarajé começou no período da escravidão e foi se tornando uma fonte de renda para os terreiros [...]. Seu consumo era restrito a negros, escravos e livres, moradores de rua e pessoas pobres. Esse tipo de alimento não fazia parte do cardápio das famílias com melhores condições econômicas.

Ofício das Baianas de Acarajé

As baianas são conhecidas principalmente pelas vestimentas: panos na cabeça, vestidos longos brancos, adereços e colares, que significam a que candomblé as baianas usuárias pertencem. O Ofício das Baianas de Acarajé foi reconhecido como Patrimônio Nacional e inscrito no Livro dos Saberes em 2005 pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

O Ofício diz respeito a todo o ritual envolvido, desde o preparo do alimento para oferendas ou para comercialização, até a indumentária própria das baianas, que revela sua condição social e sua crença. [O dia] 25 de novembro é o dia Nacional das Baianas de Acarajé.

Fonte: LUÍZA, M. Você conhece o Acarajé? **Fundação Cultural Palmares**, Brasília, DF, 7 jun. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/palmares/pt-br/assuntos/noticias/voce-conhece-o-acaraje. Acesso em: 16 out. 2024.

O acarajé tem origem nas tradições dos povos de língua iorubá, que habitavam as terras dos atuais países: Nigéria, Benim e Togo. Durante o comércio transatlântico de escravizados, o território que hoje integra o Brasil recebeu pessoas africanas de diferentes origens. A prática de comércio de rua por mulheres era comum na costa ocidental da África, o que lhes dava autonomia e muitas vezes o papel de provedoras da família. A venda do acarajé na Bahia era feita por mulheres escravizadas de ganho e por alforriadas ligadas ao candomblé. Escravidão por ganho era aquela em que os escravizados vendiam algo ou prestavam um serviço, entregando a maior parte de seus ganhos aos senhores; acontecia principalmente nas cidades e permitia aos escravizados maior socialização e certa liberdade.

Com a classe dividida em grupos, discutam os temas propostos a seguir.

1. Que outros alimentos vocês conhecem que, a exemplo do acarajé, têm significado cultural?
2. Por que todo cidadão, independentemente de sua fé religiosa, deve respeitar e valorizar a preservação e a transmissão de significados culturais, como os relatados no texto?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

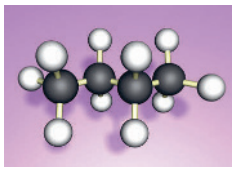
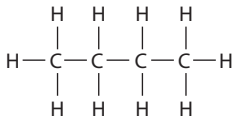
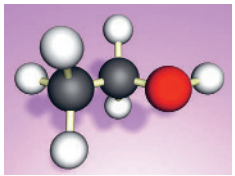
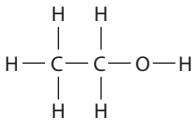
Entre as substâncias que contêm carbono mas não são consideradas orgânicas, estão o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO_2), o gás cianídrico (HCN) e os sais denominados carbonatos e cianetos.

1. Representações de moléculas orgânicas

Até a década de 1820, a expressão "compostos orgânicos" era usada para designar as substâncias produzidas por organismos vivos. Parte da comunidade científica pensava que era impossível produzi-las artificialmente. No entanto, algumas evidências experimentais mostravam que isso não era verdadeiro. Avanços em pesquisas, nas décadas seguintes, deixaram cada vez mais evidente que era possível produzir em laboratório substâncias que, anteriormente, eram obtidas exclusivamente de seres vivos. Com isso, a expressão "compostos orgânicos" passou a se referir aos **compostos que contêm carbono**. Estudá-los é a área de atuação da **Química Orgânica**. Atualmente, já foram identificados mais de 20 milhões de compostos orgânicos, sendo a maioria deles sintéticos. A obtenção artificial de compostos orgânicos pode ser realizada como alternativa à sua extração quando ela é tecnicamente inviável, para evitar a extinção de espécies ou pela possibilidade de obter uma substância de forma mais barata e em maiores quantidades em comparação com sua extração.

Algumas substâncias contendo carbono, no entanto, não são classificadas como compostos orgânicos. O carbonato de sódio (Na_2CO_3), por exemplo, é considerado um composto inorgânico em razão das suas propriedades físicas e químicas serem características de um sal inorgânico. Entre essas propriedades, estão alta temperatura de fusão, elevada solubilidade em água e boa condutibilidade elétrica em solução aquosa.

Na Química Orgânica, as fórmulas estruturais podem ser muito grandes, dificultando sua escrita e leitura. Para facilitar, utilizam-se representações simplificadas, como as **fórmulas estruturais condensadas**.

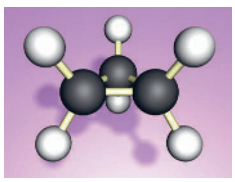
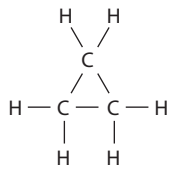
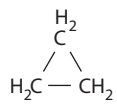
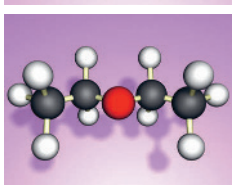
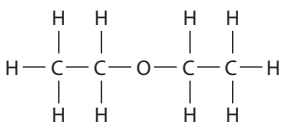
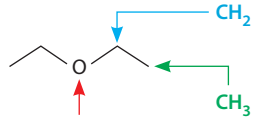
Modelo molecular de esferas e varetas	Fórmula estrutural	Fórmula estrutural parcialmente condensada	Fórmula estrutural totalmente condensada
	 butano	$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_3$ ou $H_3C — CH_2 — CH_2 — CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ ou $H_3CCH_2CH_2CH_3$
	 etanol	$CH_3 — CH_2 — OH$ ou $H_3C — CH_2 — OH$	CH_3CH_2OH ou H_3CCH_2OH

Os modelos moleculares foram apresentados para enfatizar a tridimensionalidade dessas moléculas. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

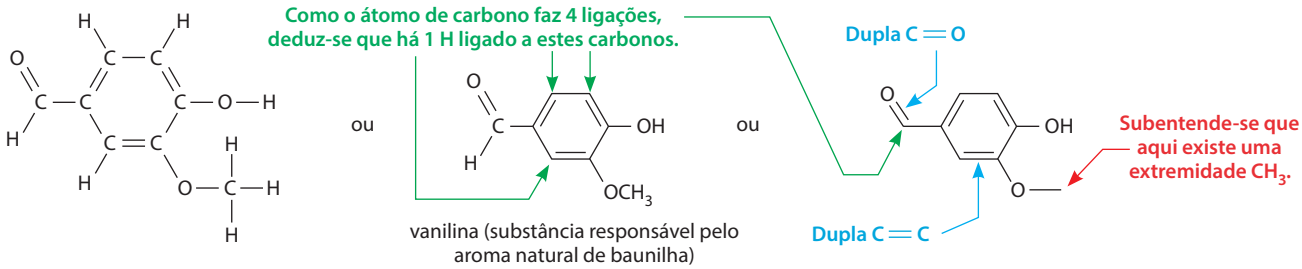
Note que, na fórmula estrutural parcialmente condensada, os átomos de hidrogênio são escritos junto dos átomos de carbono e que, na ponta esquerda, é equivalente escrever CH_3— ou H_3C—. Perceba, também, que, nas representações totalmente condensadas, os traços de ligação são omitidos, sendo deduzidos pelo leitor. Uma forma ainda mais simplificada de representar uma molécula orgânica é por meio da **fórmula estrutural com linhas**. Veja alguns exemplos.

Modelo molecular de esferas e varetas	Fórmula estrutural	Fórmula estrutural parcialmente condensada	Fórmula estrutural com linhas
	 ciclopropano		Subentende-se que cada vértice tem um átomo de carbono. Cada traço representa uma ligação covalente. O número de átomos de hidrogênio é deduzido, considerando que o átomo de carbono faz 4 ligações.
	 éter dietílico	$CH_3 — CH_2 — O — CH_2 — CH_3$ ou $H_3C — CH_2 — O — CH_2 — CH_3$	 O símbolo do átomo de oxigênio deve ser escrito.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

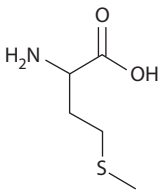
Os modelos moleculares foram apresentados à esquerda para enfatizar a tridimensionalidade dessas moléculas. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Na fórmula estrutural com linhas, nem os átomos de carbono nem os de hidrogênio ligados a eles são indicados. Átomos de outros elementos químicos devem ter seu símbolo representado, bem como os de hidrogênio ligados a eles, se houver. Ligações duplas são indicadas por dois traços e triplas, por três. Dependendo da conveniência, alguns átomos de carbono da estrutura podem ser explicitamente representados:

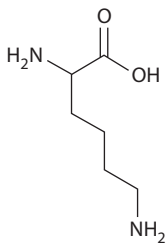


vanilina (substância responsável pelo aroma natural de baunilha)

Agora, podemos retornar às moléculas representadas na abertura do capítulo, pois você já tem condições de interpretar duas delas, a da metionina e a da lisina.

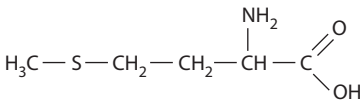


Fórmula estrutural com linhas da metionina.

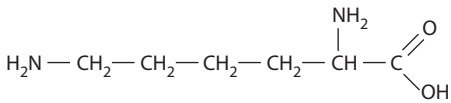


Fórmula estrutural com linhas da lisina.

Analise atentamente as estruturas apresentadas anteriormente e compare-as com a seguinte outra possível forma de representar essas moléculas.



Fórmula estrutural da metionina.



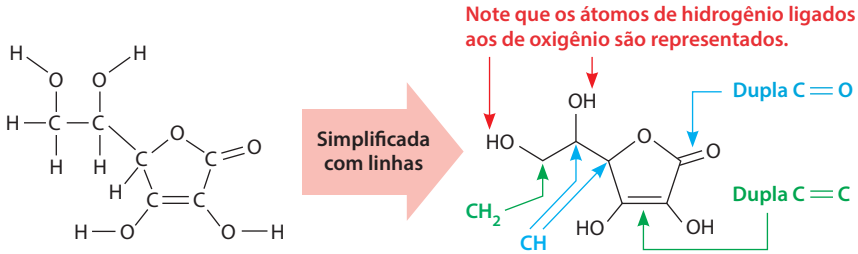
Fórmula estrutural da lisina.

Dialogando com o texto

Se houver possibilidade, acesse modelos digitais tridimensionais da metionina e da lisina, a fim de analisá-los e compará-los com as respectivas fórmulas estruturais apresentadas no texto, verificando a correspondência entre as representações.

- Modelo molecular da metionina. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/metionina.html.
- Modelo molecular da lisina. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/lisina.html. Acessos em: 16 out. 2024.

A seguir, à esquerda, está a fórmula estrutural do ácido ascórbico (ou vitamina C) e, à direita, a fórmula estrutural com linhas da mesma substância.



ácido ascórbico (vitamina C)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

A substância **anetol** é responsável pelo aroma da erva-doce, bastante usada no Brasil para fazer chás e doces.

Já a substância **estragol** está presente em algumas variedades de manjericão, contribuindo para seu aroma.

Pesquisem na internet a fórmula estrutural desses dois compostos e analisem-nas. Qual é a diferença entre as moléculas de ambas?

Deduzam a fórmula molecular das duas substâncias e comparem-nas. A fórmula molecular, isoladamente, é suficiente para designar de modo inequívoco essas substâncias? Argumentem para justificar.

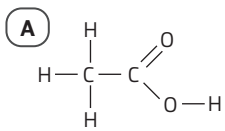
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

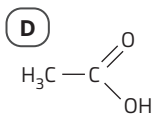
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

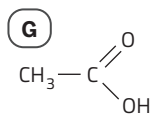
Aplicando conhecimentos

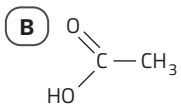
Registre as respostas em seu caderno.

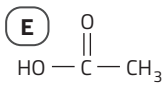
1. Uma professora de Ciências apresentou a fórmula do ácido acético (A) e solicitou uma pesquisa sobre algumas de suas propriedades. Nos trabalhos entregues, diferentes estudantes representaram a substância das maneiras mostradas nas fórmulas (B) a (I). Quais dessas representações estão corretas? Por quê?

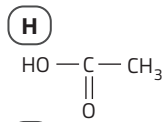
A 

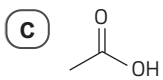
D 

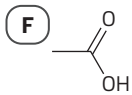
G 

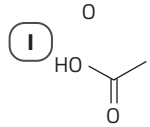
B 

E 

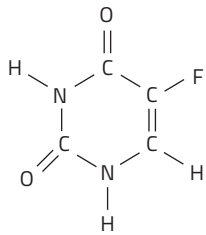
H 

C 

F 

I 

2. A fluorouracila, composto usado no tratamento do câncer, tem a seguinte fórmula estrutural:

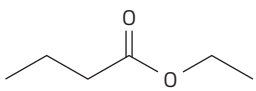


fluorouracila

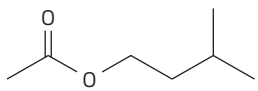
Represente essa substância por meio de uma fórmula estrutural com linhas.

3. A seguir estão representadas as fórmulas de um aromatizante artificial de abacaxi e outro, de banana.

3. b



aromatizante de abacaxi



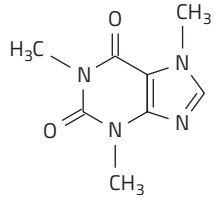
aromatizante de banana

Qual deles tem mais átomos do elemento químico hidrogênio na molécula?

a. O aromatizante de abacaxi tem 2 átomos de hidrogênio a mais.
b. O aromatizante de banana tem 2 átomos de hidrogênio a mais.
c. As duas moléculas têm o mesmo número de átomos de hidrogênio.
d. O aromatizante de abacaxi tem 4 átomos de hidrogênio a mais.
e. O aromatizante de banana tem 4 átomos de hidrogênio a mais.

4. A fórmula estrutural a seguir representa a molécula de cafeína, substância presente no café, no guaraná e em alguns chás.

4. e

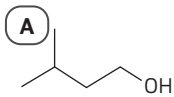


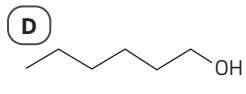
Analisando a estrutura mostrada, pode-se concluir que a fórmula molecular da cafeína é:

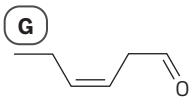
a. $C_3H_9N_4O_2$ **c.** $C_6H_9N_4O_2$ **e.** $C_8H_{10}N_4O_2$
b. $C_5H_{10}N_4O_2$ **d.** $C_7H_{10}N_4O_2$

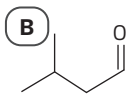
Texto para as quatro atividades a seguir:

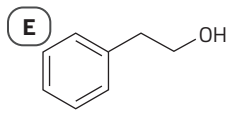
O aroma do tomate e dos molhos feitos com ele deve-se a algumas substâncias cujas moléculas estão representadas a seguir. As atividades **5** a **8** referem-se a essas moléculas.

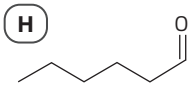
A 

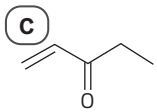
D 

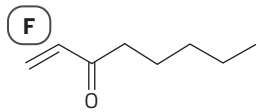
G 

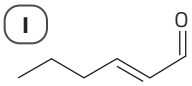
B 

E 

H 

C 

F 

I 

5. Quais têm o mesmo número de átomos de carbono?

6. Comparando **A** e **B**, qual tem mais átomos de hidrogênio?

7. Qual molécula tem a fórmula molecular igual à de **G**?

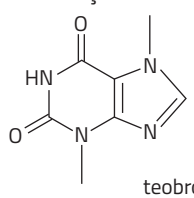
8. Qual das moléculas tem menos átomos de hidrogênio?

9. Na estante de reagentes de um laboratório, há um frasco com uma substância líquida. No rótulo, consta apenas a inscrição $C_6H_{10}O$. Explique por que essa informação **não** é suficiente para identificar corretamente a substância do frasco.

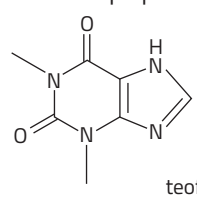
10. Uma estudante procurou na internet as fórmulas estruturais da teobromina, presente no chocolate, e da teofilina, usada **sob orientação médica** na terapia de algumas doenças pulmonares.

Analisando as fórmulas, reproduzidas a seguir, ela afirmou que essas duas substâncias têm a mesma fórmula molecular.

A afirmação da estudante é correta? Explique.



teobromina

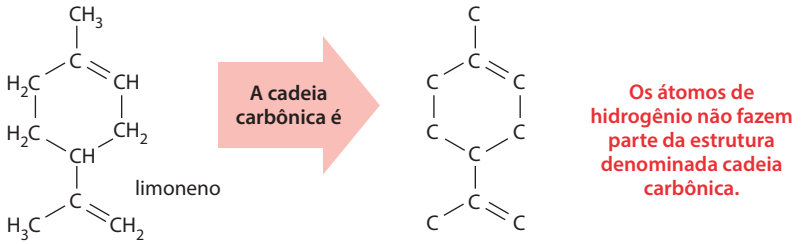


teofilina

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

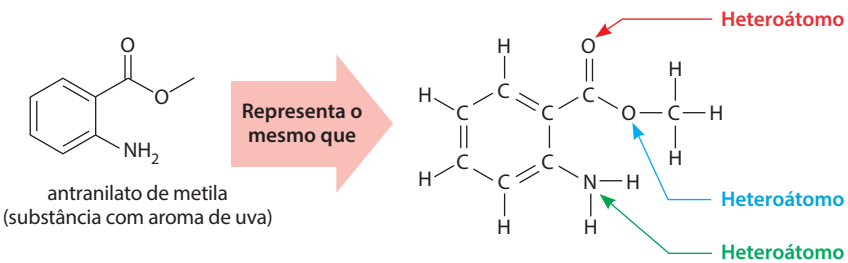
2. Cadeia carbônica

Todas as moléculas orgânicas têm um ou mais átomos de carbono, que constituem um esqueleto estrutural denominado **cadeia carbônica**. Considere, por exemplo, a molécula de limoneno, substância encontrada na casca do limão (Fig. 1). Sua fórmula estrutural e sua cadeia carbônica são:

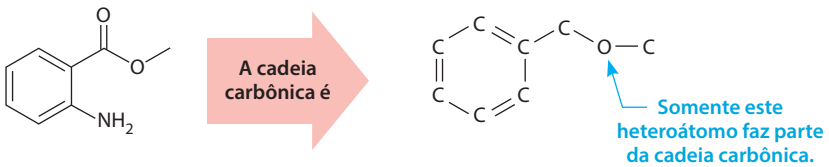


De acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), qualquer átomo existente em uma molécula orgânica que não seja de carbono ou de hidrogênio é denominado **heteroátomo**. Os exemplos mais frequentes são os átomos dos elementos químicos flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), iodo (I), oxigênio (O), enxofre (S), nitrogênio (N) e fósforo (P).

Na molécula da substância usada como aromatizante de uva (Fig. 2), por exemplo, existem três heteroátomos:

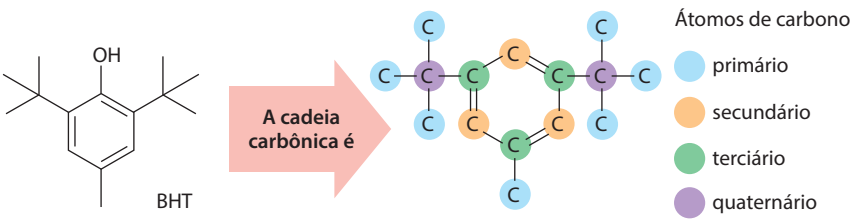


Quando um heteroátomo está presente entre dois átomos de carbono, é considerado integrante do esqueleto estrutural da molécula, ou seja, faz parte da cadeia carbônica. Se, ao contrário, o heteroátomo não está entre átomos de carbono, então não é incluído nela. Considerando o mesmo exemplo anterior:



Então, **cadeia carbônica** é a estrutura formada por **todos os átomos de carbono** de uma molécula orgânica e pelos **heteroátomos que estejam posicionados entre esses átomos de carbono**.

Ao fazer referência a determinado átomo de carbono de molécula orgânica, às vezes utilizam-se os termos **primário**, **secundário**, **terciário** ou **quaternário** para indicar que ele está ligado a, respectivamente, um, dois, três ou quatro outros átomos de carbono da cadeia carbônica. Para exemplificar, consideremos a substância hidroxitolueno butilado, comumente conhecida como BHT (Fig. 3), e a classificação de seus átomos de carbono.



Confira, por exemplo, CAREY, F. A. *et al*. **Organic Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. p. G-11.

NATALY STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 1. O limoneno é uma das substâncias responsáveis pelo aroma dos limões.

NITR/SHUTTERSTOCK

Figura 2. O aroma natural das uvas se deve a vários compostos. Na indústria alimentícia, ele é imitado com a utilização de antranilato de metila, aromatizante permitido pela legislação.

MOVING MOMENT/ SHUTTERSTOCK

Figura 3. Para evitar que produtos que contenham manteiga ou margarina (certos biscoitos, por exemplo) estraguem por reação com o gás oxigênio, garantindo sua qualidade ao consumidor, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) permite a adição de BHT. Esse uso obedece a limites estipulados pela própria agência, que valem para todo o Brasil. Você pode pesquisar os teores máximos permitidos em produtos buscando por "Anvisa antioxidante 321 limite em alimentos".

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplicando conhecimentos

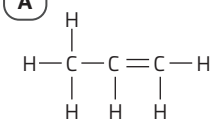
Registre as respostas em seu caderno.

11. Interessada em aprender mais sobre a substância chamada propeno (ou propileno), usada na indústria petroquímica (aquela que utiliza matérias-primas provenientes do petróleo) para a produção de plástico, uma estudante descobriu, em uma fonte confiável de informação, que a fórmula molecular do propeno é C_3H_6 e sua cadeia carbônica é a seguinte:

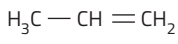
C — C = C

Essa mesma estudante encontrou, em outros endereços da internet (não necessariamente confiáveis), as seguintes fórmulas e ficou em dúvida se todas representam, de fato, o propeno. Analise-as e responda à dúvida da estudante.

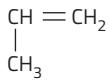
A



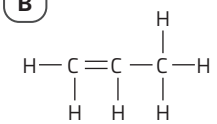
D



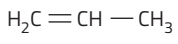
G



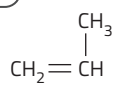
B



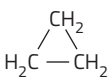
E



H



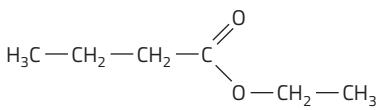
C



F

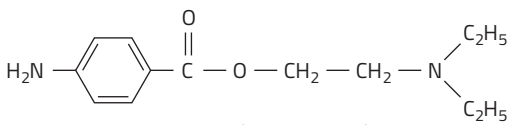
I

12. Dezenas de substâncias são responsáveis pelo aroma dos morangos. Entre elas, uma das principais é aquela cuja fórmula estrutural é mostrada a seguir.



Quantos átomos existem ao todo na cadeia carbônica desse composto?

13. A procaína (ou novocaína) é um anestésico local receitado para alguns casos de queimaduras de pele e de dores nas gengivas.

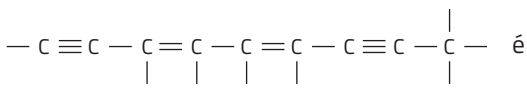


procaína (ou novocaína)

Represente a cadeia carbônica dessa molécula.

14. (PUC-RS) A fórmula molecular de um hidrocarboneto com cadeia carbônica

14. a

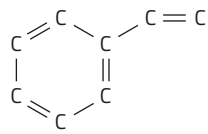


é

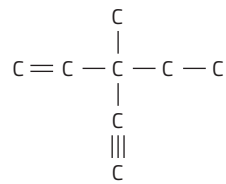
a. C_9H_8
b. C_9H_7
c. C_9H_{10}
d. C_9H_{12}
e. C_9H_{11}

15. (UCDB-MS) Os números de átomos de hidrogênio das seguintes substâncias orgânicas

15. d



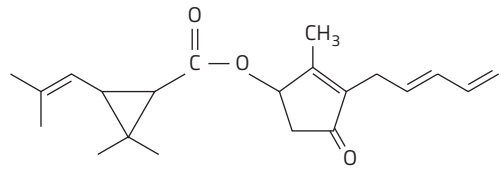
e



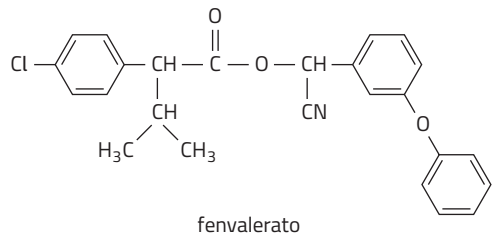
são respectivamente:

a. 9 e 13.
b. 7 e 10.
c. 14 e 12.
d. 8 e 12.
e. 13 e 10.

16. Nas flores de crisântemos, os cientistas descobriram algumas substâncias de ação inseticida comprovada. Uma dessas substâncias é a piretrina I. Estudos científicos posteriores envolvendo a ação dos inseticidas crisantêmicos conduziram ao desenvolvimento de uma nova geração de inseticidas. Trata-se dos piretroides, dos quais o fenvalerato é um exemplo.



piretrina I



fenvalerato

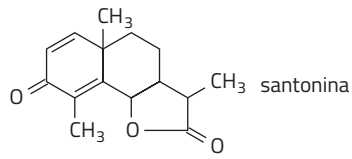
Compare a **cadeia carbônica** desses dois compostos e responda:

a. Qual delas tem mais átomos de carbono?

b. Qual delas tem mais heteroátomos?

17. A santonina, substância extraída de um vegetal cientificamente denominado *Artemisia absinthium* (conhecida no Brasil como absinto ou losna), é utilizada sob orientação médica no combate ao *Ascaris lumbricoides*, causador da verminose conhecida como lombriga.

Analise sua fórmula estrutural para determinar o número de carbonos primários, secundários, terciários e quaternários presentes na molécula de santonina.

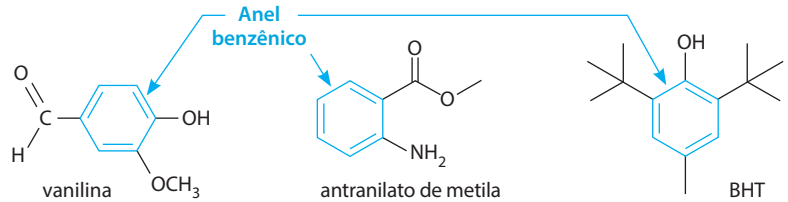


santonina

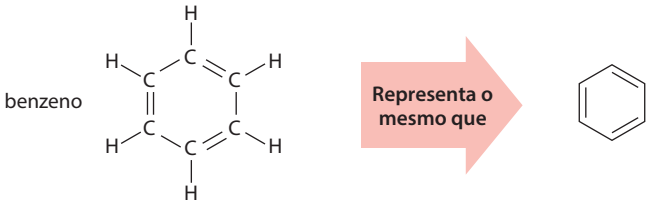
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Anel benzênico

Entre as fórmulas que mostramos nos itens 1 e 2 estão a da vanilina, a do antranilato de metila e a do BHT. A estrutura cíclica com seis átomos de carbono com ligações simples e duplas alternadas que existe nessas fórmulas é o **anel benzênico**.



O anel benzênico tem esse nome devido à substância **benzeno**, cuja molécula pode ser assim representada:



O benzeno é um líquido incolor, altamente inflamável e de cheiro forte e característico. Seus vapores, se inalados, podem causar, entre outros problemas, tontura, dor de cabeça, vômitos, distúrbios visuais e inconsciência (Fig. 4). A exposição ao benzeno por períodos prolongados pode provocar leucemia.

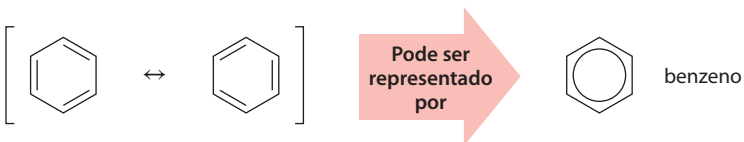
Considerando a representação da molécula de benzeno, vamos utilizar números de 1 a 6 para indicar os átomos do elemento químico carbono. Mudando apenas a posição das ligações duplas, sem alterar a posição dos átomos de carbono e dos de hidrogênio, podemos obter outra estrutura válida.

As setas em vermelho esclarecem quais alterações na posição dos pares de elétrons convertem uma estrutura na outra.

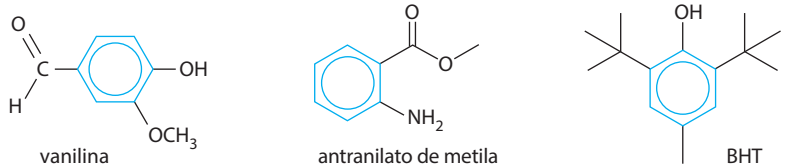
LUCAS LACAZ RUIZ/FOTOARENA

Figura 4. Durante o abastecimento de veículos com gasolina, há desprendimento de vapores tóxicos, entre eles benzeno. Não se deve, portanto, inalá-los.

Essas duas representações são chamadas de **estruturas de ressonância** do benzeno. Nenhuma delas, de modo isolado, representa completamente o composto, pois verifica-se experimentalmente que todas as ligações entre os átomos de carbono do anel benzênico têm o mesmo comprimento e a mesma energia de ligação, ou seja, são idênticas. Utiliza-se a simbologia ↔ para indicar que o benzeno é um **híbrido de ressonância** de ambas as estruturas. Como as estruturas de ressonância, consideradas individualmente, não representam de maneira completa a molécula de benzeno, ela costuma ser representada da maneira a seguir, na qual a circunferência no interior do hexágono indica que as ligações duplas não estão localizadas permanentemente nas posições indicadas em uma ou em outra das estruturas de ressonância.



O mesmo tipo de representação pode ser empregado em substâncias que tenham o anel benzênico. Assim, por exemplo:



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

SAÚDE

Durante uma aula de Ciências, a professora comentou que o metabolismo humano (conjunto das reações químicas que ocorrem no nosso organismo) não sintetiza (não produz) anel benzênico, mas, em certos casos, pode substituir um —H dele por um —OH. Em um organismo humano saudável, há substâncias com anel benzênico, mas ele provém dos alimentos.

Dos vinte aminoácidos comumente envolvidos na síntese celular de proteínas, pesquisem quais têm anel benzênico e registrem suas fórmulas estruturais. A seguir, investiguem quais desses são **essenciais**, ou seja, **precisam ser ingeridos na alimentação**, e estabeleçam **uma relação** entre o resultado dessa investigação e as informações apresentadas pela professora.

Apresentem as conclusões em um texto com os argumentos em que elas se baseiam. Considerando esse contexto, expliquem por que é importante ter uma alimentação balanceada.

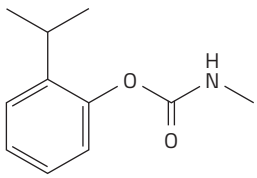
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

18. Certo inseticida possui a seguinte fórmula estrutural:

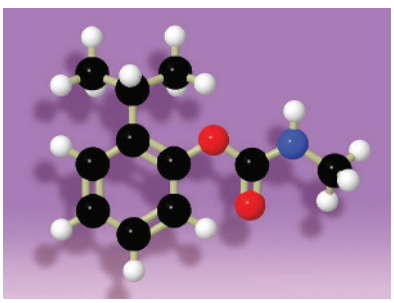
18. a



A partir dela, podemos deduzir que a fórmula molecular desse composto é:

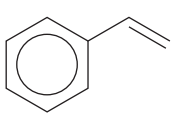
a. $C_{11}H_{15}NO_2$
b. $C_{11}H_{13}NO_2$
c. $C_{10}H_{12}NO_2$
d. $C_8H_{11}NO_2$
e. $C_8H_9NO_2$

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



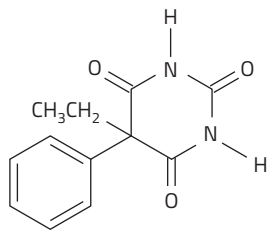
Modelo molecular do composto da atividade 18. Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas (carbono: preto; hidrogênio: branco; oxigênio: vermelho; nitrogênio: azul).

19. O poliestireno expandido é fabricado industrialmente a partir do estireno, substância proveniente do petróleo, cuja fórmula estrutural simplificada é mostrada a seguir. Qual é a fórmula molecular do estireno?



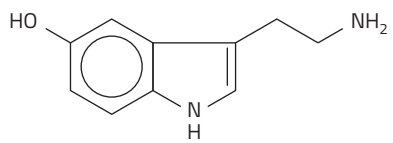
estireno

20. Existem alguns medicamentos utilizados para tratamento neurológico e/ou psiquiátrico sob orientação especializada, comercializados exclusivamente **sob receituário médico**, conhecidos como barbitúricos. Um deles tem a fórmula dada a seguir.

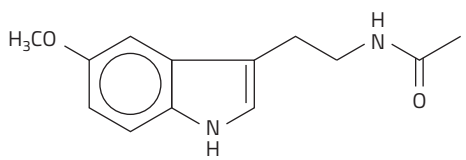


a. Determine a fórmula molecular desse composto.
b. Há anel benzênico em sua molécula?

21. Evidências provenientes de pesquisas médicas, bioquímicas e farmacológicas revelaram que a serotonina e a melatonina, substâncias produzidas no cérebro humano, têm participação relevante no ciclo de sono/vigília na espécie humana. Suspeita-se que distúrbios na produção dessas substâncias interferem nesse ciclo, provocando insônia à noite e/ou sono exagerado de dia.



serotonina



melatonina

Compare as fórmulas para responder. A molécula de melatonina apresenta quantos átomos a mais do elemento químico:

a. carbono? **b.** hidrogênio?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Atributos das cadeias carbônicas

Vamos, agora, apresentar terminologias que designam alguns atributos de uma cadeia carbônica (Fig. 5). Tenha em mente que o vocabulário científico não é um fim em si mesmo, mas facilita a comunicação, tornando-a mais concisa e menos sujeita a erros.

Uma cadeia é **fechada** (ou **cíclica**) quando os átomos que a constituem formam um ou mais anéis fechados, ciclos. Caso não apresente ciclos, ela é classificada como **aberta** (ou **acíclica**).

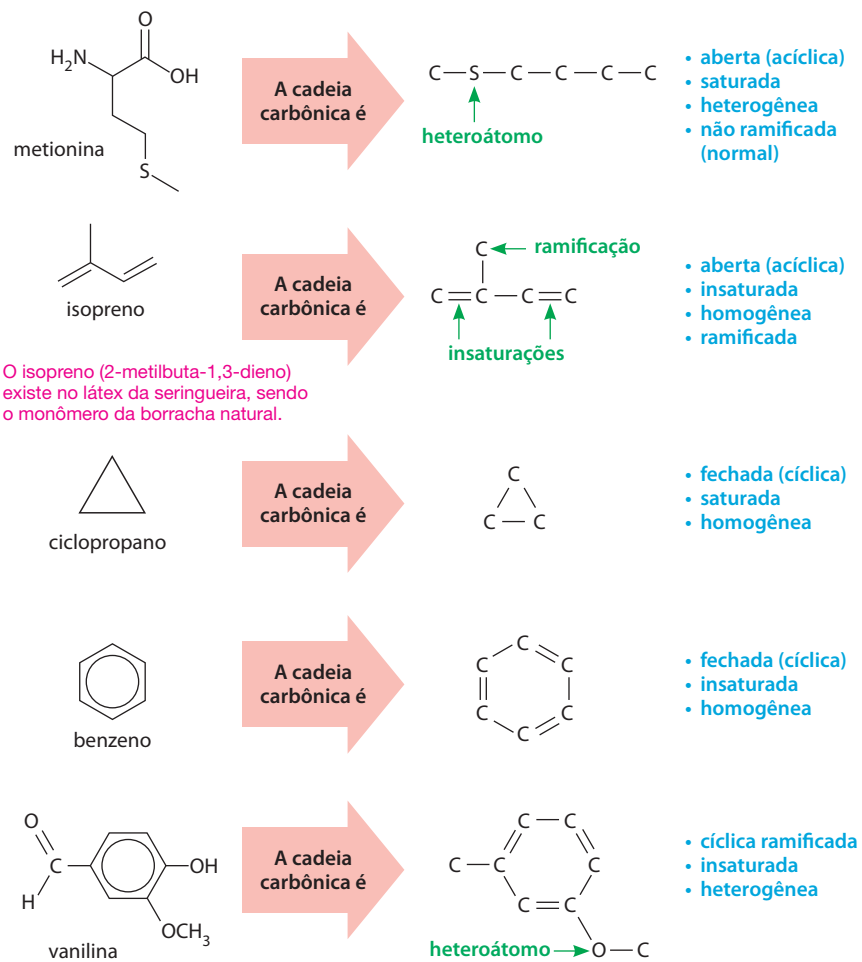
Se uma cadeia for aberta, pode ser **ramificada** (mais de duas extremidades) ou **não ramificada** (apenas duas extremidades), também chamada **normal**.

Se uma mesma cadeia tiver uma parte cíclica e outra não cíclica, diz-se que ela é **cíclica ramificada**.

Em uma estrutura orgânica, cada ligação dupla ou tripla entre átomos de carbono é chamada **insaturação**. Assim, uma cadeia em que haja uma ou mais ligações duplas e/ou triplas entre átomos de carbono é denominada **insaturada**. (Atente bem, entre átomos de carbono!) Caso a cadeia apresente apenas ligações simples entre seus átomos de carbono, ela é **saturada**.

Se um ou mais heteroátomos estiverem incluídos na cadeia carbônica, ela é dita **heterogênea**, e, caso contrário, **homogênea**. No caso de cadeias cíclicas, podem ser usados os termos **heterocíclica**, para expressar a presença de heteroátomo no ciclo, e **homocíclica**, para indicar sua ausência.

A seguir, apresentamos exemplos da classificação de cadeias carbônicas, ou seja, da utilização das terminologias apresentadas.



OBJETO DIGITAL Vídeo: A química de alguns aromas

Alguns atributos de cadeias carbônicas

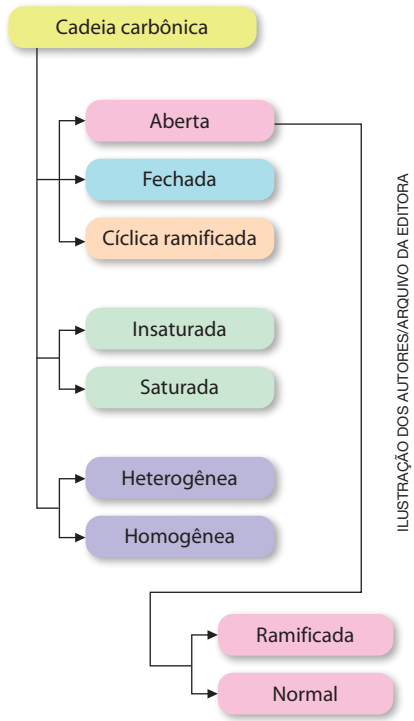


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. Possível esquematização de alguns atributos de uma cadeia carbônica.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MEIO AMBIENTE

Atividade em grupo

O anil (ou indigotina, ou índigo *blue*) é um composto orgânico que foi obtido originalmente da planta *Indigofera suffruticosa*, também conhecida como anileira. Atualmente, ele é obtido principalmente por meio da sua síntese artificial em laboratórios e indústrias.

Investiguem a fórmula estrutural desse composto e indiquem atributos de sua cadeia carbônica. Em seguida, realizem uma pesquisa para entender por que ele é obtido preferencialmente de forma sintética. Compartilhem o resultado com os colegas, explicando como os conhecimentos científicos podem atuar de forma que favoreçam a preservação do meio ambiente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Fichamento de conteúdos

Quem aprende desenvolve vocabulário. E quem desenvolve vocabulário está mais apto a continuar aprendendo.

Em Ciências da Natureza, os conceitos recebem nomes específicos, que são os termos técnicos do **vocabulário científico**. Isso também acontece em todas as outras áreas do conhecimento humano; cada uma tem suas terminologias específicas. Estudar determinado tema inclui aprender as palavras e expressões próprias desse estudo.

Quem aprende termos científicos consegue dizer muita coisa de maneira precisa e sem se alongar em explicações desnecessárias. Por exemplo, dizer que "um composto tem cadeia carbônica insaturada" é mais simples e conciso do que explicar o que é um composto químico, o que é uma cadeia carbônica e o que significa dizer que ela é insaturada. Claro que o interlocutor também deve conhecer as terminologias utilizadas para poder compreender adequadamente.

As terminologias facilitam a comunicação. Elas não são um fim em si mesmas, mas um instrumento a serviço de quem atua em determinada área ou a estuda.

O registro do significado de termos estudados é uma técnica conhecida como **fichamento de conteúdo** ou **fichamento de resumo**. (Existe outro tipo de fichamento, o bibliográfico, sobre o qual falaremos no momento oportuno.)

Este capítulo introdutório à Química Orgânica oferece a você uma boa oportunidade para começar a fazer fichamentos de conteúdo. Ao estudá-lo, faça uma relação dos conceitos estudados. Discuta o significado deles com seus colegas e esclareça suas dúvidas com seu professor.

Compreendido o significado de um termo, registre-o em seu caderno e/ou em fichas retangulares de papel. Cada uma dessas opções tem vantagens e desvantagens. As fichas têm a desvantagem de poderem ser perdidas, mas são fáceis de transportar e de organizar, podendo ser dispostas sobre uma mesa para comparar conceitos e evidenciar relações entre eles. Além disso, podem receber anotações adicionais para incluir novos entendimentos e, se ficarem sem espaço, podem ser substituídas por outras. Já os registros no caderno têm menos chance de extravio, porém é mais difícil de incluir anotações posteriores e de alterar a organização. Escolha seu método (caderno ou fichas) e vá em frente (Fig. 6).

Continue a fazer fichamentos de conteúdo regulares durante seus estudos de Ciências da Natureza. Ao fazê-los, é como se você estivesse escrevendo o seu próprio dicionário de termos científicos. E o mais importante nesse processo é você compreender esses conceitos e utilizá-los para ampliar seu conhecimento de mundo.

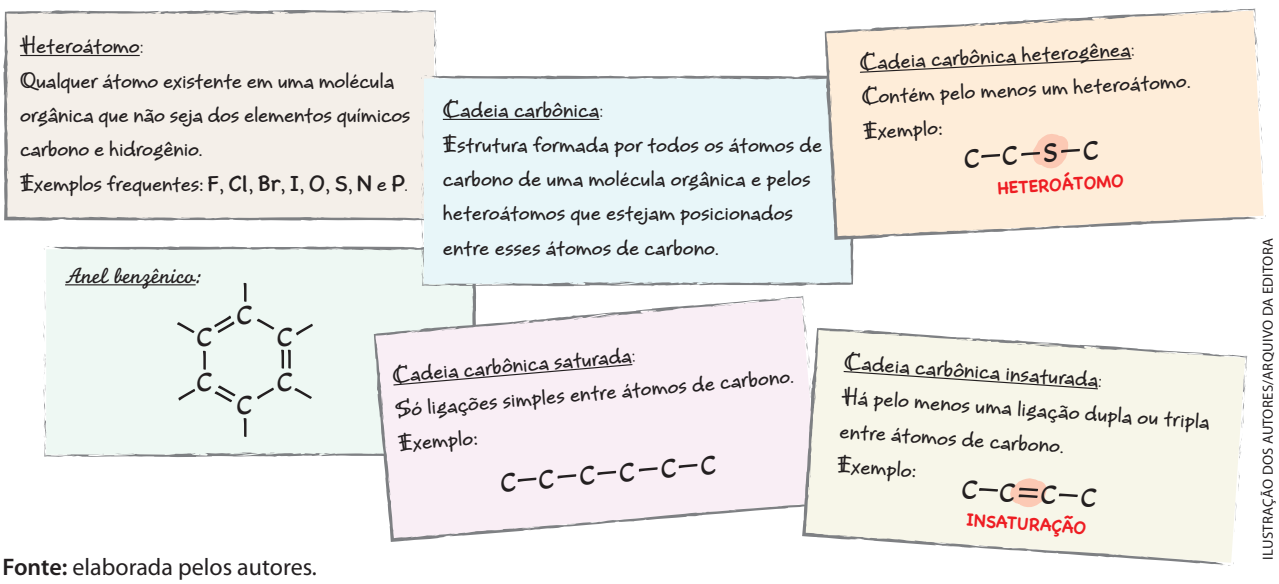


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 6. Exemplos meramente ilustrativos de um possível fichamento de conteúdos presentes neste capítulo.

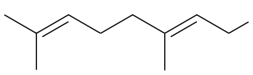
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

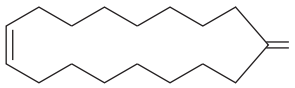
22. O geraniol é um dos responsáveis pelo aroma dos gerânios e das rosas.



geraniol

Apresente os atributos da cadeia carbônica (classificação da cadeia carbônica) dessa substância conforme os critérios estudados neste capítulo.

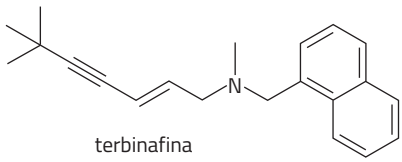
23. A civetona, composto originalmente extraído de uma bolsa do abdômen do gato-de-algália macho, é atualmente fabricada artificialmente para uso em perfumaria, como essência e como fixador.



civetona

Que atributos você reconhece na cadeia carbônica dessa substância?

24. A substância cuja fórmula e cujo nome genérico são mostrados a seguir é o princípio ativo de um medicamento que, **sob receita e orientação médica**, é empregado para combater certas micoses.



terbinafina

a. Explique com suas palavras o que é **princípio ativo** de um medicamento.

b. Considerando a fórmula estrutural apresentada, determine a fórmula molecular da terbinafina.

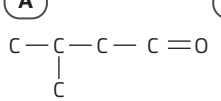
c. Quantos átomos existem na cadeia carbônica da molécula do composto representado?

25. Sobre a fórmula estrutural da substância da atividade anterior, verifique nela a existência de átomos de carbono primários, secundários, terciários e quaternários e, a seguir, elabore um esquema no caderno para indicar os átomos de carbono de cada tipo.

26. Que atributos você reconhece na cadeia carbônica da substância da atividade **24**? Explique.

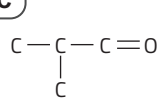
27. Uma pesquisadora da qualidade do café fez um cartaz sobre esse tema para apresentar em um congresso. Das centenas de substâncias presentes no grão após a torrefação, ela escolheu algumas que, extraídas pela água quente durante o preparo, contribuem expressivamente para o aroma da bebida. Devido a um problema no aplicativo de edição de fórmulas, algumas delas (reproduzidas a seguir, com a indicação de aroma) saíram sem os átomos de hidrogênio. Reescreva-as no caderno, corrigindo o erro.

A



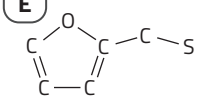
(frutado)

C



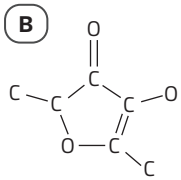
(floral)

E



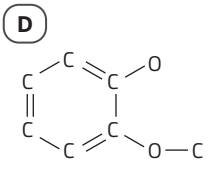
(tostado)

B



(caramelado)

D



(picante)

Grãos de café (*Coffea arabica*) torrados.

TOHSAPOL PONGSOMJIT/ SHUTTERSTOCK

28. Considerando as substâncias da atividade anterior, represente por uma fórmula estrutural com linhas a que contém anel benzênico e as que apresentam heterociclo (um ciclo que inclui heteroátomo).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Estereoquímica do carbono saturado

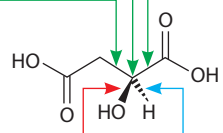
Quando os átomos de carbono estabelecem quatro ligações covalentes simples, eles são classificados como **carbonos saturados**, e, junto com os quatro átomos a eles ligados, apresentam uma disposição no espaço denominada **tetraédrica**. Essa forma de organização espacial pode ser observada, por exemplo, em um modelo molecular do metano (CH_4), como o da Figura 7.

Junto de cada imagem do modelo, há uma representação da molécula na qual a posição das ligações (em relação ao plano da representação, seja ele uma tela, um papel ou uma lousa) é indicada de um modo específico: o símbolo — designa ligação no plano da representação; ◄ significa ligação direcionada à frente do plano da representação e ┅ denota ligação dirigida para trás desse plano.

Uma das metas do estudo de Ciências da Natureza é desenvolver autonomia para acessar informações científicas, compreendê-las e aprender com isso. Depois de estudar este capítulo, os estudantes estarão aptos a compreender fórmulas estruturais em livros técnicos, enciclopédias e páginas da internet. Este item insere-se nesse propósito didático de capacitar os estudantes a interpretarem fórmulas estruturais orgânicas, pois, como o carbono saturado não é planar, há indicações específicas sobre sua estereoquímica em muitas estruturas orgânicas. (Ao contrário dele, carbonos insaturados são planares: os insaturados por uma tripla ou por duas duplas são lineares e os insaturados por uma dupla são trigonais planos, conforme será abordado no próximo capítulo.)

Ao representar determinados compostos orgânicos, especialmente em estudos de Bioquímica, Farmacologia e Nanotecnologia, é frequente usar essas indicações, que constituem a **representação estereoquímica do carbono saturado**. Veja, por exemplo, a seguinte fórmula estrutural do ácido málico (da maçã), na qual se esclarece a posição de um átomo de hidrogênio e de um grupo hidroxila (— OH):

Considerando que essas duas ligações e esse átomo de carbono estejam no plano da representação,

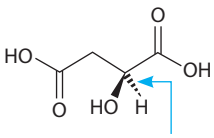


ácido málico
(a estrutura mostrada é a de ocorrência natural na maçã)

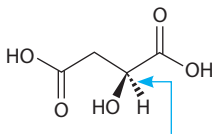
essa ligação está direcionada para a frente desse plano

e essa ligação está direcionada para trás dele.

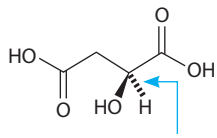
Ao pesquisar fórmulas estruturais em diversas fontes, você encontrará três modos distintos, e todos corretos, de indicar uma ligação direcionada para trás do plano da representação. Usando o mesmo composto como exemplo:



Igual ao mostrado anteriormente.



Aqui, o símbolo está invertido, mas tem o mesmo significado.



Este outro símbolo também é usado.

Dialogando com o texto

Se houver conexão com a internet, acesse um modelo molecular digital tridimensional do ácido málico (correspondente à forma de ocorrência natural na maçã) e compare-o com a representação apresentada anteriormente, com especial atenção à estereoquímica explicada no texto.

Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/acido-malico.html. Acesso em: 16 out. 2024.

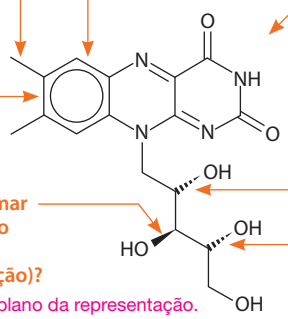
Tendo estudado o capítulo até aqui, você tem condições de interpretar, em sua totalidade, a fórmula da riboflavina (vitamina B_2) apresentada na abertura. Ela está reproduzida a seguir, com algumas perguntas para auxiliá-lo na interpretação.

O que significa este traço sem nenhuma indicação de elemento na ponta?
Um grupo —CH_3.

Por que o hexágono tem um círculo no centro?
Representação de um anel benzênico.

Quais são os atributos da cadeia carbônica desta molécula?
Cíclica ramificada, insaturada e heterogênea.

Quantos átomos de hidrogênio há em cada um dos seis átomos de carbono deste anel?
Dois átomos de carbono têm 1 H cada um. Os demais não têm H.



riboflavina
(vitamina B_2)

O que se pode afirmar sobre esta ligação (em relação ao plano da representação)?
Está direcionada para a frente do plano da representação.

E sobre estas duas ligações?
Estão direcionadas para trás do plano da representação.

Dialogando com o texto

Se for possível, acesse um modelo molecular digital tridimensional da riboflavina e compare-o com a representação que apresentamos.

Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/riboflavina.html. Acesso em: 16 out. 2024.

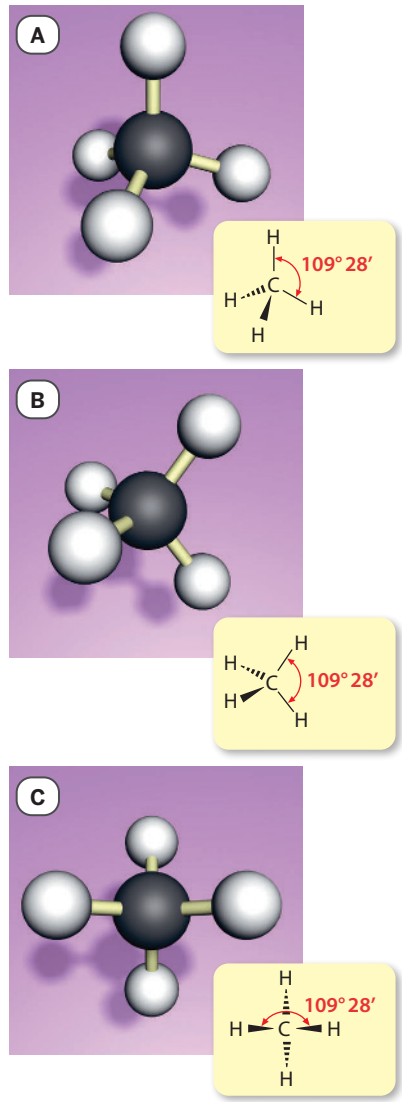


Figura 7. Modelo molecular do metano visto de diferentes ângulos. As ligações dispõem-se em uma geometria tetraédrica, com um ângulo de 109° 28′ entre elas. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

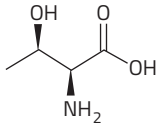
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

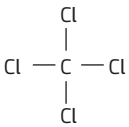
29. A seguir está a representação do aminoácido treonina, essencial em nossa alimentação. Explique o significado da representação estereoquímica utilizada.



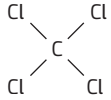
treonina

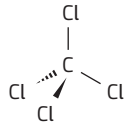
30. A molécula de tetracloreto de carbono (CCl_4) apresenta os átomos de cloro ligados ao átomo de carbono em uma disposição tridimensional tetraédrica, similar à que existe na molécula de metano (CH_4). Qual das seguintes representações é a melhor para indicar a estereoquímica da molécula de tetracloreto de carbono?

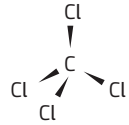
30. d

a.


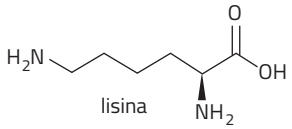
b. CCl_4

c.


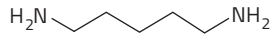
d.


e.


31. Quando a carne apodrece, ocorrem diversas reações químicas, uma das quais é a transformação de lisina (um aminoácido) em cadaverina, uma das substâncias que conferem odor desagradável à carne estragada. Nessa reação, forma-se também outro produto, uma substância inodora com moléculas constituídas de três átomos. A 25 °C e 1 atm, essa substância é gasosa. Considerando as fórmulas estruturais apresentadas a seguir, equacione a reação química mencionada e argumente como deduziu qual é a outra substância formada.



lisina

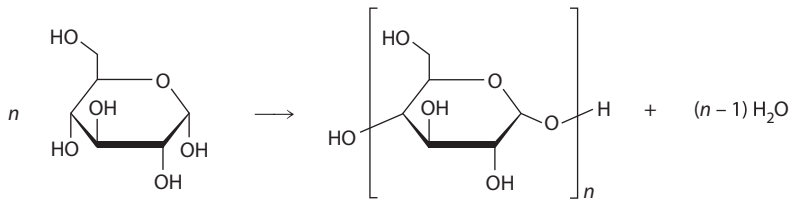


cadaverina

6. Polímeros

OBJETO DIGITAL
Vídeo: Polímeros, plásticos e sustentabilidade

Das quatro fórmulas estruturais mostradas no início do capítulo, já interpretamos três. Resta interpretar a do amido, um exemplo de **polímero**, material constituído de **macromoléculas**, estruturas moleculares formadas por centenas ou milhares de átomos. Em geral, as macromoléculas, naturais ou artificiais, são formadas pela repetição de unidades fundamentais, iguais ou diferentes, originadas de moléculas, chamadas **monômeros**, que reagem para formar a macromolécula. O amido se origina do monômero glicose por meio de uma **reação de polimerização** que pode ser assim equacionada:

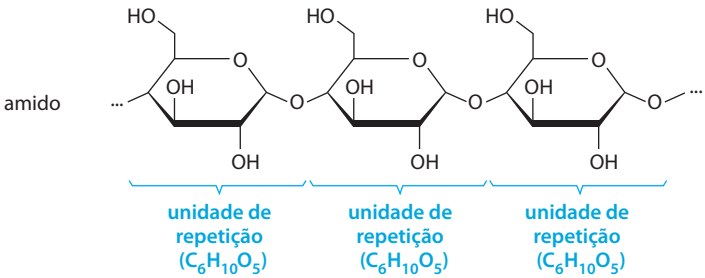


glicose ($C_6H_{12}O_6$) (monômero)

amido (polímero)

Essa equação – na qual se subentende que *n* é um número muito grande (da ordem de centenas) – representa que *n* moléculas de glicose reagem para formar uma molécula de amido e *n* – 1 moléculas de água. Na molécula de amido formada, a unidade de repetição que provém do monômero (a estrutura representada entre colchetes) repete-se *n* vezes, conforme indicado pelo índice *n*.

Em diversas publicações, você encontrará o amido representado como mostrado a seguir, com reticências (...), indicando que a molécula continua para a direita e para a esquerda.



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As unidades de repetição, provenientes do monômero, repetem-se centenas de vezes. Na extremidade esquerda da primeira delas, há um grupo — OH, não representado. E, na extremidade direita da última delas, existe um — H, também não representado. Cada unidade de repetição tem fórmula molecular $C_6H_{10}O_5$, razão pela qual o amido é frequentemente representado pela fórmula molecular $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Dialogando com o texto

Se houver possibilidade, acesse um modelo molecular digital tridimensional do amido e compare-o com a representação apresentada neste item. Atente à recorrência (ocorrência regular em várias vezes sucessivas) das unidades de repetição $C_6H_{10}O_5$ e ao fato de se tratar de uma macromolécula. Disponível em: https://modelosmoleculares.com.br/3D/amido.html. Acesso em: 16 out. 2024.

Os polissacarídios (dos quais o amido é um exemplo), as proteínas e os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são **polímeros naturais**. Além de reproduzir vários polímeros naturais em laboratório, os cientistas desenvolveram outros visando a propósitos específicos. Atualmente, há grande diversidade de **polímeros sintéticos**, que são projetados e produzidos para atender a determinadas finalidades (Fig. 8).

Muitos dos polímeros sintéticos são compostos orgânicos e apresentam, portanto, longas cadeias carbônicas. As condições experimentais em que se realiza a reação de polimerização influenciam as propriedades do produto formado (por exemplo, resistência e grau de elasticidade) e, consequentemente, suas aplicações.

HAGLEY MUSEUM AND ARCHIVE/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

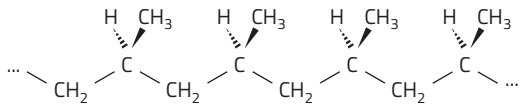
Figura 8. A química estadunidense de ascendência polonesa Stephanie Louise Kwolek (1923-2014), em foto de 2010. Ela inventou o polímero de nome químico poli(*para*-fenileno tereftalamida), de elevada resistência, que é usado, por exemplo, em capacetes, luvas, equipamentos para bombeiros, artigos esportivos e coletes para policiais.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

32. O polipropileno é um plástico usado para fabricar, por exemplo, próteses médicas, para-choques de automóvel, copos descartáveis e tapetes plásticos.
Sua estereoquímica pode ser indicada da seguinte maneira:



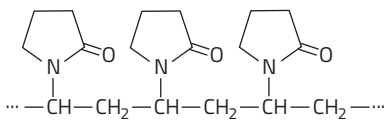
polipropileno

Explique o significado da representação usada na ligação com os:

a. grupos CH_3;

b. átomos de hidrogênio ligados aos carbonos terciários.

33. O polímero polivinilpirrolidona, conhecido pela sigla PVP, tem muitas aplicações industriais, por exemplo na produção de alguns medicamentos, cosméticos, baterias e equipamentos eletrônicos. Sua fórmula estrutural é mostrada a seguir:



PVP

Represente a fórmula estrutural da unidade de repetição que pode ser identificada na representação desse polímero.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fazer **divulgação científica** é mostrar ao público não especializado o que são as Ciências da Natureza e qual sua relevância.

Nesta atividade, os membros de cada grupo devem elaborar um vídeo de divulgação científica, com linguagem e dinâmica apropriadas para prender a atenção e mostrar a **importância da Ciência e da Tecnologia para o desenvolvimento de polímeros utilizados pela sociedade**. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática*, a seguir.) No caso, trata-se de divulgar a relevância da Química e de suas tecnologias.

Cada equipe deve investigar, a critério do professor, de três a cinco **polímeros**, suas características, importância, produção e aplicabilidade no cotidiano. O vídeo deve incluir **argumentos** claros sobre a importância da Ciência e da Tecnologia.

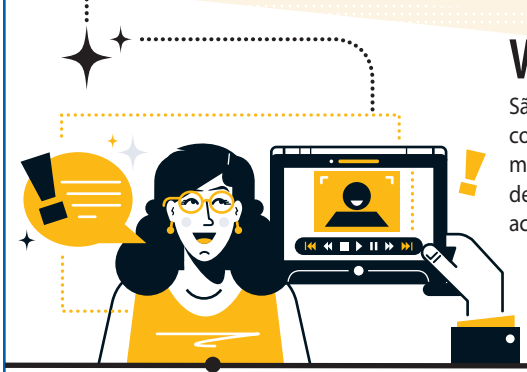
Lembrem-se de que adquirir vocabulário (científico ou não) é parte integrante de uma atividade desse tipo. Quem estuda deve também aprender a se expressar corretamente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Produzindo vídeos

Aspectos a considerar ao trabalhar com mídias

MENSAGEM	PÚBLICO-ALVO	PRODUÇÃO	INTERAÇÃO	FERRAMENTAS
O que eu quero comunicar? Pense no conteúdo que vai transmitir, no seu formato e nos meios pelos quais será divulgado, ou seja, na mídia.	Identifique quem vai ter contato com a sua publicação. Isso ajuda na escolha adequada da mídia.	Escolha a mídia, procure informações confiáveis, providencie **autorizações** para uso de sons, textos e imagens.	Faça uma publicação convidativa que chame a atenção. Saiba ouvir sugestões e aceitar críticas.	Prefira aplicativos **gratuitos** que tenham **tutoriais disponíveis** e sejam fáceis de usar.



Vídeos

São um tipo de mídia que permite compartilhar informações por meio da gravação e da reprodução de imagens que podem estar acompanhadas de sons.

Se usar imagens, busque aquelas com direito de uso livre. Não utilize imagens com direito de uso restrito. Isso também vale para vídeos e áudios. Além disso, atente que copiar materiais e ideias sem dar o devido crédito é o que se chama plágio, um procedimento eticamente inaceitável.

ETAPAS DE PRODUÇÃO

1. Escolha o tema para apresentar.
2. Pesquise sobre o assunto a ser abordado.
3. Produza um roteiro, isso pode tornar o seu vídeo mais organizado.

Crie uma identidade visual, o que facilita o reconhecimento de seu vídeo.

DICAS DE GRAVAÇÃO

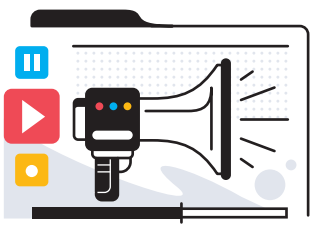
- Defina o cenário e fique atento à iluminação e aos ruídos do local.
- Escolha o equipamento para a captação de áudio e imagem. É possível produzir um vídeo com qualidade de som e imagem com um celular e iluminação natural.
- Durante a gravação, se errar, continue gravando; erros podem ser retirados durante a edição.

Um segundo celular pode ser utilizado para captar o som.

EDIÇÃO

- Utilize aplicativos ou programas de computador para a edição de seus vídeos.
- Você pode incluir efeitos visuais e efeitos e trilhas sonoras.

O melhor é optar por utilizar trilhas sonoras gratuitas.



PUBLICAÇÃO

Existem plataformas específicas para a hospedagem de vídeos, sendo muitas delas gratuitas. Informe-se a respeito. Para usar a plataforma, crie uma conta com um endereço de *e-mail* ativo e efetue seu cadastro. Compartilhe sua publicação!

Fonte: elaborado com base em SOARES, C. D.; ROSA, C. T. W. **Gravação de vídeos curtos**: um guia para inspirar professores da educação básica. Passo Fundo: EDIUPF, 2022.

GUILHERME HENRIQUE/ARQUIVO DA EDITORA

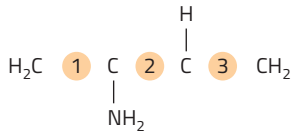
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

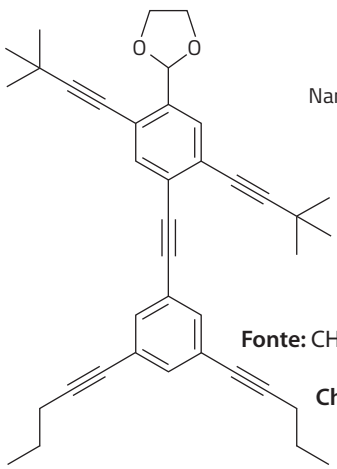
Registre as respostas em seu caderno.

1. (UVA-CE) Na estrutura as ligações representadas pelos algarismos são, respectivamente:
1. b



a. simples, dupla, simples.
b. dupla, simples, dupla.
c. simples, tripla, dupla.
d. dupla, tripla, simples.

2. (Enem) As moléculas de *nanoputians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em Química Orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:
2. a



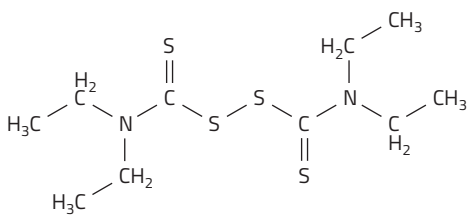
NanoKid

Fonte: CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. **The Journal of Organic Chemistry**, v. 68, n. 23, 2003 (adaptado).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

a. Mãos. **c.** Tórax. **e.** Pés.
b. Cabeça. **d.** Abdômen.

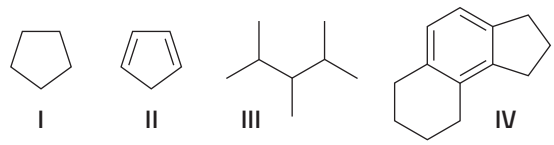
3. (Unicamp-SP) O medicamento *dissulfiram*, cuja fórmula estrutural está representada a seguir, tem grande importância terapêutica e social, pois é usado no tratamento do alcoolismo. A administração de dosagem adequada provoca no indivíduo grande intolerância a bebidas que contenham etanol.



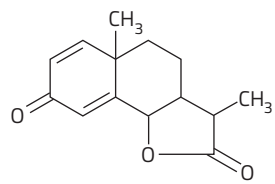
dissulfiram

a. Escreva a fórmula molecular do *dissulfiram*.
b. Quantos pares de elétrons não compartilhados existem nessa molécula?
c. Seria possível preparar um composto com a mesma estrutura do *dissulfiram*, no qual os átomos de nitrogênio fossem substituídos por átomos de oxigênio? **Responda sim ou não** e justifique.

4. (Vunesp) O petróleo, a matéria-prima da indústria petroquímica, consiste principalmente de hidrocarbonetos, compostos contendo apenas carbono e hidrogênio na sua constituição molecular. Considerando os hidrocarbonetos **I**, **II**, **III** e **IV**, dê as fórmulas moleculares de cada composto.

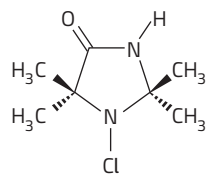


5. (Unama-PA) Do vegetal conhecido no Brasil como absinto (ou losna), obtém-se a substância **santonina** que, administrada em doses orais, mostra-se eficaz no combate ao *Ascaris lumbricoides* causador da verminose conhecida como lombriga. Da análise da fórmula estrutural plana da **santonina** ilustrada a seguir, conclui-se que o número de ligações duplas e o número de átomos de carbono presentes na molécula desta substância são, respectivamente, iguais a:
5. d



a. 2 e 14. **b.** 4 e 12. **c.** 2 e 12. **d.** 4 e 14.

6. (Uerj) Na fabricação de tecidos de algodão, a adição de compostos do tipo *N*-haloamina confere a eles propriedades biocidas, matando até bactérias que produzem mau cheiro. O grande responsável por tal efeito é o cloro presente nesses compostos.
6. c



A cadeia carbônica da *N*-haloamina representada pode ser classificada como:

a. homogênea, saturada, normal
b. heterogênea, insaturada, normal
c. heterogênea, saturada, ramificada
d. homogênea, insaturada, ramificada

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 6

Geometria molecular e interações intermoleculares

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 3 do volume de Biologia desta coleção.

No Suplemento para o professor, há uma sugestão de atividade complementar referente ao tema, que pode ser realizada antes do início do capítulo, visando à sondagem de concepções prévias.

MICHAEL NOLAN/ROBERT HARDING RF/AFP

Urso-polar em geleira (Canadá, 2022). Na água, em fase líquida ou em fase sólida, existem interações atrativas entre as moléculas denominadas ligações de hidrogênio.

Todos os seres vivos precisam de diferentes substâncias para sobreviver. Entre todas essas substâncias, a água é uma das mais importantes, pois, entre outros fatores, apresenta propriedades físicas e químicas que a tornam fundamental para a manutenção da vida na Terra.

Em razão da forte atração entre as moléculas de água, uma grande quantidade de calor é necessária para separá-las durante a ebulição. Por apresentar temperatura de ebulição relativamente elevada, se comparada às temperaturas dos ambientes terrestres, a água existe no estado de agregação líquido em boa parte da superfície da Terra. Na forma líquida, ela possibilita a dissolução de nutrientes, o que facilita a passagem dessas substâncias através das membranas celulares. No interior das células, ela atua como o meio para a maioria das reações químicas. Além disso, as interações entre as moléculas de água permitem que ela escoe com relativa facilidade nos rios e canais, penetre em poros e materiais rochosos, flua por estruturas condutoras no interior de plantas e forme gotas.

A maneira com que as moléculas de água interagem também gera efeitos sobre a sua densidade. Por exemplo, na estrutura cristalina do gelo, as moléculas de água se atraem e se organizam de tal forma que o gelo apresenta maior volume que a água líquida (comparando a mesma massa dessa substância nas fases líquida e sólida). Isso torna a sua estrutura cristalina menos densa que a da água líquida e, por essa razão, o gelo flutua na água e pode servir de camada isolante térmica na superfície de lagos e rios que abrigam seres vivos.

Neste capítulo, estudaremos as atrações estabelecidas entre as moléculas da água e também entre as moléculas de outras substâncias. Além disso, veremos como essas atrações influenciam propriedades e comportamentos dos materiais. Como ponto de partida, precisamos estudar a geometria de moléculas e, em decorrência desse estudo, será possível perceber como as moléculas interagem.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Geometria molecular

Modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência

Neste capítulo, estudaremos que certas propriedades das substâncias moleculares resultam das interações atrativas entre suas moléculas. Esse estudo requer, entre outros conhecimentos, saber determinar a **geometria molecular**, conceito associado à estrutura tridimensional da molécula.

Uma molécula é constituída de dois ou mais átomos unidos por ligações covalentes, estabelecidas pelo compartilhamento de elétrons. Uma das representações empregadas para uma molécula é a fórmula eletrônica, na qual se representam os símbolos dos elementos químicos cujos átomos constituem a molécula e também os elétrons da camada de valência (última camada da eletrosfera) desses átomos (Fig. 1). Outra representação é a fórmula estrutural, em que cada ligação covalente é representada por um traço (Fig. 2).

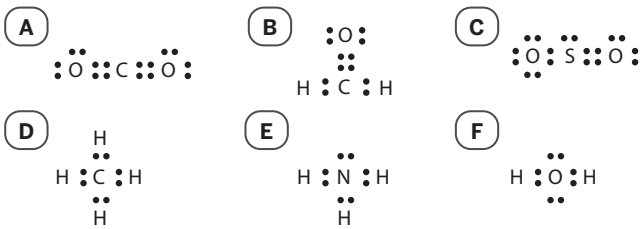


Figura 1. Fórmulas eletrônicas das substâncias (A) dióxido de carbono (CO_2), (B) metanal ou formaldeído (CH_2O), (C) dióxido de enxofre (SO_2), (D) metano (CH_4), (E) amônia (NH_3) e (F) água (H_2O). Os elétrons presentes na fórmula eletrônica são representados por pequenos círculos.

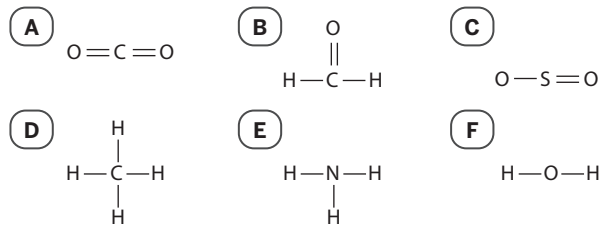


Figura 2. Fórmulas estruturais das mesmas substâncias mencionadas na Fig. 1.

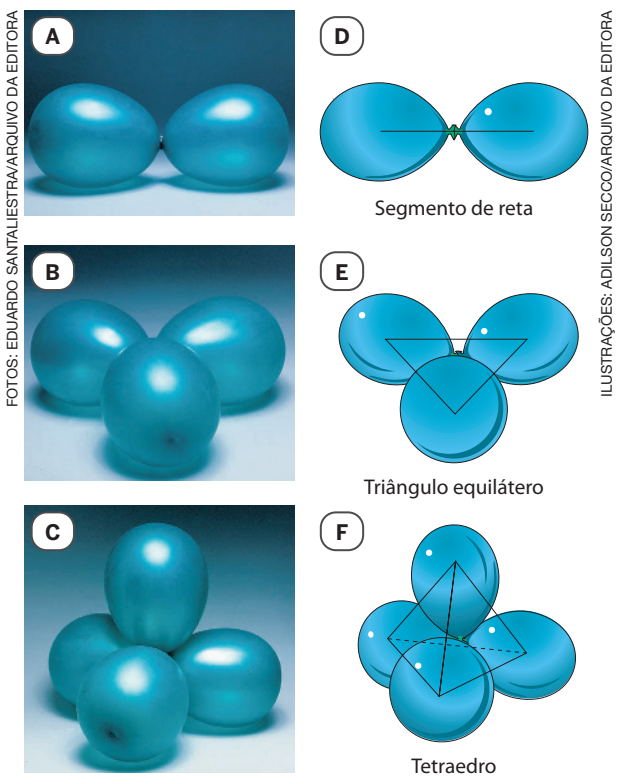
A determinação experimental de geometrias moleculares é feita por meio de técnicas experimentais avançadas. Neste item, vamos mostrar como podemos prevê-las utilizando o **modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência** (às vezes, abreviado pela sigla VSEPR, do inglês *valence-shell electron-pair repulsion*).

Para aplicar esse modelo, chamaremos de **domínio eletrônico**:

- qualquer ligação covalente simples (1 par eletrônico compartilhado), dupla (2 pares eletrônicos compartilhados) ou tripla (3 pares eletrônicos compartilhados) estabelecida pelo átomo central da molécula (aquele ligado aos demais); e
- qualquer par eletrônico não ligante (não compartilhado) da camada de valência desse mesmo átomo.

Os domínios eletrônicos são regiões de alta densidade eletrônica que se repelem mutuamente, pois elétrons têm cargas elétricas de mesmo sinal (negativo) e tendem, portanto, a se afastar o máximo possível, fazendo com que os domínios eletrônicos adquiram arranjos como os representados esquematicamente (com o auxílio didático de balões de gás) nas Figuras 3.A, 3.B e 3.C, em que cada balão representa um domínio eletrônico. Unindo os centros imaginários desses balões, obtemos um segmento de reta (Fig. 3.D), um triângulo equilátero (Fig. 3.E) e um tetraedro (Fig. 3.F).

A repulsão entre os domínios eletrônicos é de **natureza elétrica** (repulsão entre cargas de mesmo sinal) e acarreta o máximo afastamento entre eles. Os balões são empregados **apenas com o intuito de visualização** dos arranjos decorrentes desse máximo afastamento.



FOTOS: EDUARDO SANTALIESTRA/ARQUIVO DA EDITORA

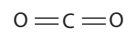
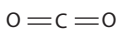
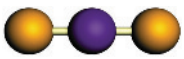
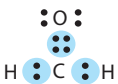
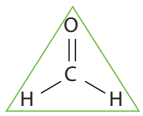
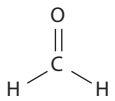
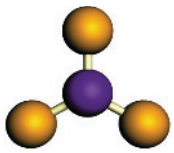
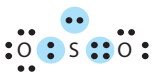
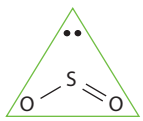
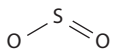
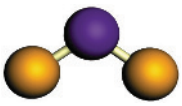
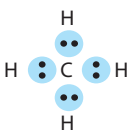
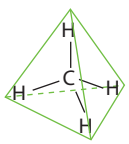
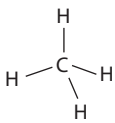
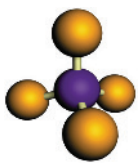
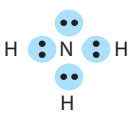
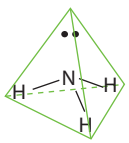
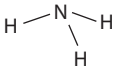
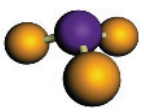
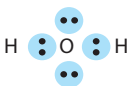
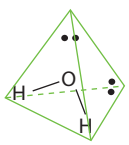
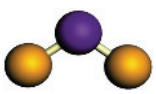
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Fotografias em que balões de gás, amarrados entre si pelas bocas, são utilizados para ilustrar a **disposição espacial** de dois (A), três (B) e quatro (C) domínios eletrônicos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Para determinar a geometria de uma molécula pelo modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, primeiramente elaboramos a fórmula eletrônica da substância e contamos quantos domínios eletrônicos existem ao redor do átomo central da molécula. Há exemplos na primeira coluna do Quadro 1, cujas substâncias representadas são as mesmas da Figura 1. Perceba, analisando a primeira coluna desse quadro, que **cada** ligação covalente – seja ela simples, dupla ou tripla – ou **cada** par eletrônico não ligante é contado, indistintamente, como **um** domínio eletrônico.

Quadro 1. Exemplos de determinação da geometria molecular

1º passo: contagem dos domínios eletrônicos	2º passo: distribuição dos domínios	3º passo: determinação da geometria	Modelo molecular
2 domínios eletrônicos	 segmento de reta	 linear	
 3 domínios eletrônicos	 triângulo equilátero	 trigonal plana	
 3 domínios eletrônicos	 triângulo equilátero	 angular	
 4 domínios eletrônicos	 tetraedro	 tetraédrica	
 4 domínios eletrônicos	 tetraedro	 piramidal	
 4 domínios eletrônicos	 tetraedro	angular	

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Representação de geometrias moleculares estudadas neste capítulo. Nos modelos moleculares da coluna da direita, cada esfera representa um átomo – átomo central em roxo e átomos ligados a ele (nesse contexto, denominados ligantes) em laranja –, e cada vareta indica uma ou mais ligações covalentes. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A seguir, escolhemos a disposição espacial e distribuímos esses domínios ao redor do átomo central com máximo afastamento entre eles: segmento de reta para 2 domínios eletrônicos, triângulo equilátero para 3 domínios eletrônicos e tetraedro para 4 domínios eletrônicos (segunda coluna do Quadro 1).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Por fim, determinamos a geometria molecular considerando **apenas** a posição relativa dos átomos unidos ao átomo central (terceira coluna do Quadro 1). Neste terceiro passo, não são considerados os pares de elétrons não ligantes, pois enunciar a geometria de uma molécula é indicar qual é a posição relativa dos átomos que a constituem.

Na quarta coluna do Quadro 1, são apresentados modelos moleculares de cada uma das geometrias obtidas. Nesses modelos, com finalidade didática, o **átomo central** foi representado em roxo e os **átomos ligantes** (isto é, ligados ao átomo central) foram representados em laranja. Além disso, cada vareta representa indistintamente ligação simples, dupla ou tripla.

Ângulo de ligação

Ao falar de geometria molecular, costuma-se mencionar **ângulos de ligação** (Fig. 4). Por exemplo, nas moléculas lineares CO_2 e BeF_2, o ângulo de ligação é 180°; na trigonal plana BF_3, os ângulos de ligação são 120°; e, nas tetraédricas CH_4 e CCl_4, são 109°28′.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

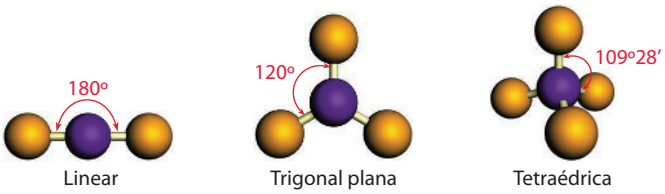


Figura 4. Ângulos de ligação em moléculas de geometria linear, trigonal plana e tetraédrica em que o átomo central esteja unido a ligantes iguais. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Na molécula de água (angular) e na de amônia (piramidal), os ângulos entre as ligações são, respectivamente, 104,5° e 107°. Esse fechamento em relação ao ângulo previsto (109°28′) é explicado considerando que cada par eletrônico não ligante, por estar situado apenas no átomo central, e não disperso na região entre dois núcleos, repele muito intensamente os pares eletrônicos das ligações.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

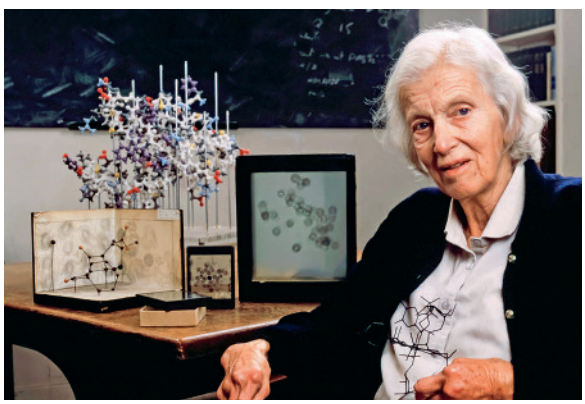
Estrutura tridimensional de biomoléculas

A previsão teórica da estrutura tridimensional de moléculas complexas (com dezenas, centenas ou milhares de átomos) é possível atualmente, requerendo o uso de computadores de elevada capacidade de processamento. Com eles, são realizados cálculos que se fundamentam em trabalhos experimentais que elucidaram, ao longo de décadas, a estrutura tridimensional de diversos compostos. Diversas técnicas experimentais permitem determinar a forma de moléculas, entre elas a difração de raios X.

Nessa técnica, a substância que se deseja estudar é purificada e solidificada, obtendo-se cristais. A seguir, feixes de raios X são direcionados para um desses cristais, com diferentes ângulos de incidência em relação a uma face do cristal, e os raios X que "refletem" chegam a um filme fotográfico (similar aos utilizados em radiografias). Quando o filme é revelado, nele aparecem manchas com padrões geométricos que são interpretados pelos especialistas na técnica, que obtêm, entre outras informações, distâncias entre átomos e ângulos de ligação.

A química egípcia Dorothy Mary Crowfoot Hodgkin (1910-1994) (Fig. 5) trabalhou no aprimoramento e na aplicação da difração de raios X com a finalidade de determinar a estrutura de biomoléculas (moléculas existentes em seres vivos).

Entre outras contribuições, Hodgkin desvendou a estrutura tridimensional de esteróis (tipo de lipídio que inclui o colesterol), do antibiótico penicilina (pelo que recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1964), da cobalamina (vitamina B_{12}) e do hormônio insulina. Para esta última determinação, a complexidade da molécula exigiu grande aprimoramento da técnica, o que levou muito tempo; o projeto iniciou-se em 1934 e só foi concluído em 1969.



CORBIN O'GRADY STUDIO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 5. A química egípcia Dorothy Mary Crowfoot Hodgkin, em foto de 1989, na Universidade de Oxford (Inglaterra).

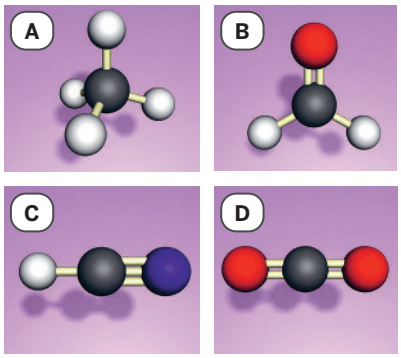
Geometria do carbono

Na Química Orgânica, área que estuda os compostos formados por átomos do elemento químico carbono, a maioria das moléculas não apresenta um único átomo central ligado a todos os demais. Nesses casos, não costuma haver uma terminologia para denominar a geometria da molécula toda, mas podemos descrever a geometria de cada átomo de carbono e seus ligantes.

Para elucidar as diferentes possibilidades, consideremos as moléculas CH_4, CH_2O, HCN e CO_2 (Fig. 6), que apresentam apenas um átomo de carbono. Aplicando a elas o modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência, determinamos, respectivamente, as geometrias tetraédrica, trigonal plana, linear e linear. Daí, podemos generalizar que:

- átomo de carbono que estabelece quatro ligações simples forma, com os átomos ligantes, uma estrutura de geometria **tetraédrica**;
- átomo de carbono que estabelece uma ligação dupla e duas simples forma, com os átomos ligantes, uma estrutura de geometria **trigonal plana**;
- átomo de carbono que estabelece uma ligação tripla e uma simples ou duas ligações duplas forma, com os átomos ligantes, uma estrutura de geometria **linear**.

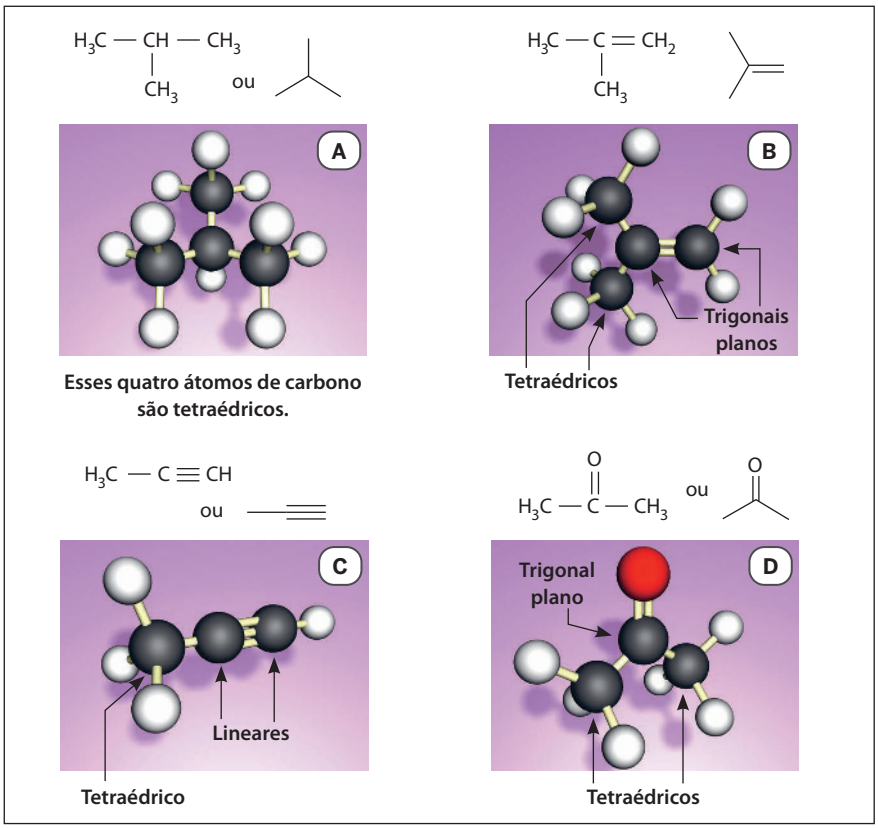
Assim, mesmo em uma molécula mais complexa, os químicos costumam atribuir uma geometria a cada átomo de carbono – tetraédrica, trigonal plana ou linear –, fazendo, com isso, uma referência à maneira como os ligantes estão dispostos ao redor desse átomo de carbono. É importante perceber que a fórmula estrutural plana não mostra necessariamente a real geometria dos átomos de carbono. Essa é percebida em modelos moleculares específicos (Fig. 7).



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 6. Modelos moleculares de: (A) metano (CH_4); (B) metanal (CH_2O); (C) cianeto de hidrogênio (HCN); e (D) dióxido de carbono (CO_2).

Note que a geometria da molécula é tetraédrica em A, trigonal plana em B e linear em C e D. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

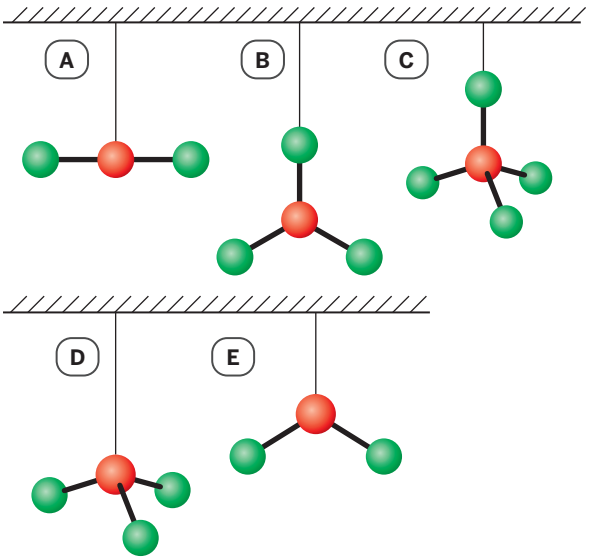
Figura 7. Fórmulas estruturais, modelos moleculares e indicação da geometria dos átomos de carbono de metilpropano (A), metilpropeno (B), propino (C) e propanona (D), também chamada acetona. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Alguns estudantes de Ensino Médio visitavam uma feira de produtos para o lar e viram, pendurados em exposição, alguns móbiles decorativos, reproduzidos nas ilustrações a seguir.

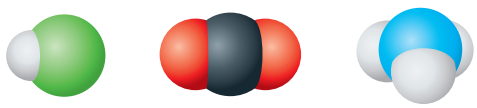


ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Imediatamente, perceberam que esses objetos poderiam representar a geometria de algumas moléculas e puseram-se a discutir quais seriam elas. Eles mencionaram CH_4, NH_3, H_2O, CO_2, $COCl_2$, CCl_4, PCl_3, HCN, CS_2, SiH_4 e H_2S. Associe cada uma das moléculas mencionadas pelos estudantes ao móbile que representa adequadamente sua geometria molecular.

2. (Fuvest-SP) Os desenhos são representações de moléculas em que se procura manter proporções corretas entre raios atômicos e distâncias internucleares.

2. d



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

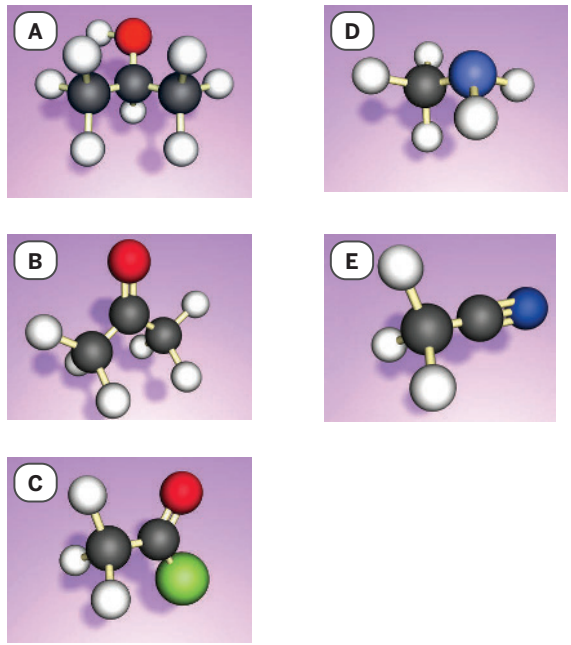
Os desenhos podem representar, respectivamente, moléculas de:

a. oxigênio, água e metano.
b. cloreto de hidrogênio, amônia e água.
c. monóxido de carbono, dióxido de carbono e ozônio.
d. cloreto de hidrogênio, dióxido de carbono e amônia.
e. monóxido de carbono, oxigênio e ozônio.

3. Considerando o código utilizado nos modelos moleculares representados a seguir:

- preto: átomo do elemento químico carbono;
- branco: átomo do elemento químico hidrogênio;
- vermelho: átomo do elemento químico oxigênio;
- azul: átomo do elemento químico nitrogênio;
- verde: átomo do elemento químico cloro.

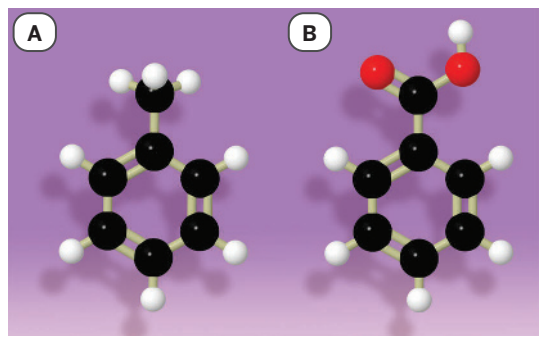
Indique a geometria dos átomos do elemento químico carbono existentes nas moléculas representadas.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

4. O ácido benzoico é uma substância usada industrialmente como reagente químico para a fabricação de corantes, perfumes e medicamentos. Uma das formas de obtenção do ácido benzoico é a partir da matéria-prima chamada tolueno.

4. a



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Modelo molecular do (A) tolueno e do (B) ácido benzoico. Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas (carbono: preto; hidrogênio: branco; oxigênio: vermelho).

Analisando os modelos moleculares mostrados, pode-se afirmar que, na reação química que transforma tolueno em ácido benzoico, a geometria de um átomo de carbono se altera de:

a. tetraédrica para trigonal plana.
b. linear para angular.
c. angular para tetraédrica.
d. piramidal para tetraédrica.
e. trigonal plana para linear.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Polaridade de ligações

A atração do núcleo sobre os elétrons de um átomo é de origem eletrostática. Assim como o núcleo de um átomo atrai os elétrons desse átomo, em uma ligação química ele também pode atrair os elétrons de outros átomos a ele ligados. Embora essa atração se dê sobre todo o ambiente eletrônico que circunda um núcleo atômico, é de particular interesse a atração exercida sobre os elétrons das ligações químicas. A grandeza denominada **eletronegatividade** indica a tendência que o átomo de determinado elemento químico apresenta para atrair os elétrons envolvidos em uma ligação química. A eletronegatividade é uma grandeza adimensional (sem unidade).

A eletronegatividade depende de fatores como o número de prótons, pois quanto maior esse número, mais elevada é a atração que o núcleo exerce sobre os elétrons. Ela também é influenciada pela distância entre os elétrons da camada de valência e o núcleo, pois elétrons da camada de valência são menos intensamente atraídos pelo núcleo. Entre as diversas escalas de eletronegatividade existentes, a mais conhecida foi elaborada pelo químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994), mostrada na Figura 8.

Em uma molécula de HF (Fig. 9.A), embora o par de elétrons da ligação seja compartilhado, ele se encontra mais deslocado no sentido do átomo de flúor, mais eletronegativo, estabelecendo nele uma **carga parcial negativa** (simbolizada por $\delta-$). No átomo de hidrogênio, estabelece-se uma **carga parcial positiva** (simbolizada por $\delta+$). Entre H e F existe uma **ligação covalente polar**, aquela que origina polos elétricos, um negativo e outro positivo. De modo geral, uma ligação covalente será polar sempre que os dois átomos ligados tiverem diferentes eletronegatividades. Na molécula de H_2 (Fig. 9.B), ao contrário, os átomos têm a mesma eletronegatividade e não há polarização da ligação, isto é, não surgem polos elétricos. Dizemos que se trata de uma **ligação covalente apolar**.

Valores de eletronegatividade

1						
H 2,1	2	13	14	15	16	17
Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
K 0,8	Ca 1,0	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
Rb 0,8	Sr 1,0	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
Cs 0,7	Ba 0,9	Tl 1,8	Pb 1,9	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2

< 1,5 | 1,5 – 1,9 | 2,0 – 2,9 | 3,0 – 4,0

Fonte dos dados: BROWN, T. L. *et al.* **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 383.

Figura 8. Eletronegatividade de alguns elementos químicos. São apresentados os valores propostos por Pauling, com pequenas correções mais recentes.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 9. Uma ligação covalente entre elementos de diferentes eletronegatividades é polar (A); a carga parcial negativa ($\delta-$) se estabelece no átomo do elemento mais eletronegativo, e a positiva ($\delta+$) se estabelece no átomo do elemento menos eletronegativo. Já uma ligação covalente entre átomos de igual eletronegatividade é apolar (B), pois não ocorre polarização da ligação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

5. A respeito das substâncias H_2, HF, HCl, HBr e HI, responda:

a. Em qual há maior diferença de eletronegatividade entre os átomos?

b. Em qual(is) há ligação covalente apolar?

c. Em qual(is) há ligação covalente polar?

d. Das respostas ao item **c**, qual tem a ligação mais polar?

6. (UFRN) Gílson, estudando Química Geral, aprendeu que a posição de cada elemento na tabela periódica pode ser representada como um ponto (x, y) num gráfico de coordenadas (x = grupo, y = período). Na prova de Química, o professor solicitou que se correlacionassem as coordenadas dos pares de elementos, tabeladas a seguir, com o provável tipo de ligação resultante de suas combinações.

6. a

1º par	2º par	3º par	4º par
(11, 4) e (14, 5)	(15, 2) e (15, 2)	(2, 4) e (17, 3)	(14, 2) e (16, 2)

Na respectiva ordem dos pares de coordenadas citados, Gílson identificou corretamente que as ligações são do tipo:

a. metálica, covalente apolar, iônica, covalente polar.

b. iônica, covalente apolar, metálica, covalente polar.

c. metálica, covalente polar, iônica, covalente apolar.

d. covalente polar, iônica, covalente apolar, metálica.

3. Polaridade de moléculas

Na Química Universitária, existem casos com cinco e seis domínios eletrônicos que correspondem, respectivamente, às hibridações sp^3d e sp^3d^2 do átomo central. Nesses casos, as considerações de simetria aqui apresentadas precisam ser ampliadas para que tenham validade.

Se uma molécula tiver apenas dois átomos (molécula diatômica) e a ligação covalente entre eles for polar, isso fará com que a **molécula** seja **polar**, isto é, ela apresentará polos elétricos (Fig. 10.A). Se, ao contrário, a ligação for apolar, a **molécula** será **apolar** (Fig. 10.B).

Se houver mais de dois átomos, a análise precisará ser mais elaborada. Existem diferentes maneiras de realizá-la, e apresentaremos um método adequado para quando há **um átomo central e até quatro domínios eletrônicos**.

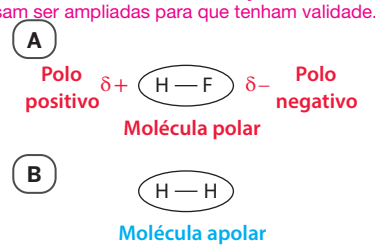


Figura 10. HF é uma molécula polar (A), pois tem polos elétricos: um positivo (no átomo de hidrogênio) e outro negativo (no átomo de flúor). Já H_2 é uma molécula apolar (B).

Nesses casos, se todos os domínios eletrônicos forem **idênticos**, haverá simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central, e a molécula será **apolar** (Fig. 11), pois uma distribuição **simétrica** de carga ao redor do centro da molécula não resulta no estabelecimento de uma extremidade negativa e outra positiva. Por outro lado, se ao menos um dos domínios eletrônicos for **diferente** dos demais (seja um átomo diferente ou um par eletrônico não compartilhado), a **assimetria** do ambiente eletrônico provocará o surgimento de uma região com carga parcial positiva e outra com carga parcial negativa; assim, a molécula será **polar** (Fig. 12).

A relação entre momento de dipolo elétrico permanente e elementos de **simetria molecular** é bem estabelecida na literatura de Física e Química (*e.g.* ATKINS, P.; PAULA, J.; KEELER, J. **Physical Chemistry**. 12. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023. p. 404-405.)

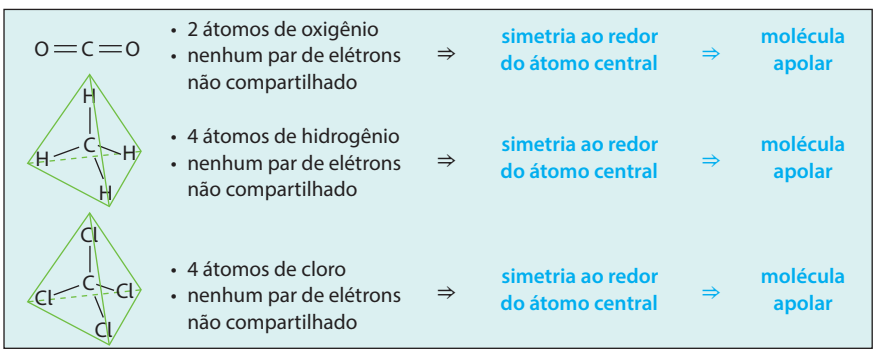


Figura 11. Exemplos de moléculas apolares. Nelas, há simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central porque todos os domínios eletrônicos são iguais.

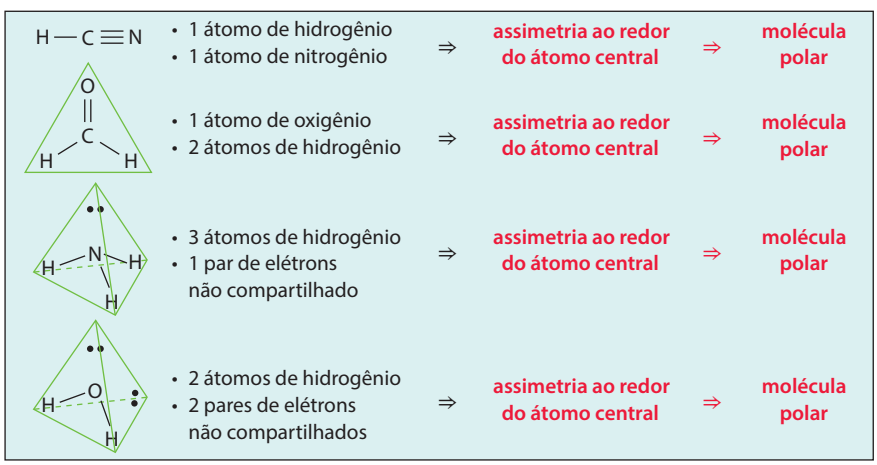


Figura 12. Exemplos de moléculas polares. Em todas elas, a polaridade molecular é resultado da assimetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central, pois nem todos os domínios eletrônicos são iguais.

A justificativa pedagógica pela opção de empregar considerações de simetria molecular para determinação da polaridade de moléculas, em vez da soma vetorial em três dimensões, é que a primeira opção é de mais fácil compreensão pelos estudantes para as moléculas estudadas neste nível de escolaridade.

Para moléculas maiores em que não existe apenas um átomo central, realizar uma previsão sobre polaridade é possível, contudo mais complexo. Os químicos dispõem de recursos para determinar experimentalmente se uma substância é polar ou apolar, e é conveniente conhecer alguns resultados importantes:

- são **polares**: metanol (ou álcool metílico, CH_3OH), etanol (ou álcool etílico, CH_3CH_2OH) e propanona (ou acetona, H_3CCOCH_3);
- são **apolares** (ou de polaridade reduzida, praticamente nula): hidrocarbonetos – substâncias formadas exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio (Fig. 13) – e frações derivadas diretamente do petróleo (por exemplo, gasolina, querosene, óleo diesel, óleo lubrificante, vaselina, graxa e parafina, as quais são misturas constituídas majoritariamente de hidrocarbonetos). Também são apolares ceras, óleos e gorduras de origem animal ou vegetal.

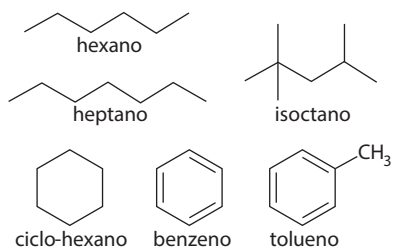


Figura 13. Exemplos de hidrocarbonetos, substâncias constituídas somente por átomos de carbono e de hidrogênio e com polaridade nula ou muito pequena.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

7. Determine se as seguintes moléculas são polares ou apolares:
- **a.** H_2S;
- **b.** NH_3;
- **c.** CF_4;
- **d.** CH_2F_2.

8. (Ufersa-RN) Dentre as substâncias a seguir, indique aquela que apresenta molécula mais polar. 8. b
- **a.** H — H
- **b.** H — F
- **c.** H — Cl
- **d.** H — Br

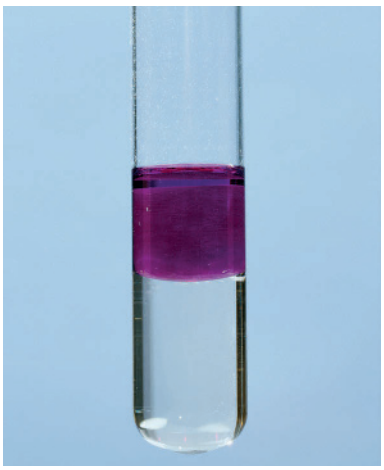
9. (UFPE) A respeito das moléculas de dissulfeto de carbono (CS_2) e gás sulfídrico (H_2S), é incorreto afirmar que: 9. b
- **a.** CS_2 é linear.
- **b.** CS_2 é polar.
- **c.** H_2S é polar.
- **d.** H_2S tem geometria angular similar ao H_2O.
- **e.** CS_2 tem a mesma geometria que o CO_2.

10. (Fuvest-SP) O carbono e o silício pertencem à mesma família da tabela periódica.
- **a.** Qual o tipo de ligação existente no composto SiH_4?
- **b.** Embora a eletronegatividade do silício seja 1,8 e a do hidrogênio 2,1, a molécula do SiH_4 é apolar. Por quê?

4. Polaridade e solubilidade

Muitas constatações experimentais evidenciaram que substâncias **polares** tendem a se dissolver bem em líquidos **polares** e também que substâncias **apolares** tendem a se dissolver bem em líquidos **apolares**. Não costuma haver tendência de solubilização de substância apolar em líquido polar, tampouco de substância polar em líquido apolar.

Assim, por exemplo, o iodo (I_2), um sólido apolar, dissolve-se bem no hidrocarboneto ciclo-hexano (C_6H_{12}), líquido apolar, mas não na água, líquido polar. Além disso, ciclo-hexano e água são imiscíveis, constituindo duas fases distintas (Fig. 14).



ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA

Figura 14. Tubo de ensaio com fase superior de ciclo-hexano (C_6H_{12}) e iodo (I_2), ambos apolares. O ciclo-hexano é incolor; o roxo se deve ao iodo nele dissolvido. A fase inferior é água, substância polar.

Dialogando com o texto

Os experimentos das Figuras 14 e 15 **NÃO** devem ser realizados pelo estudante. O tetracloreto de carbono é uma substância muito tóxica, e sua inalação ou ingestão altera os sistemas circulatório e nervoso central. Provoca danos no fígado, nos rins e nos pulmões. O bromo (Br_2) é um líquido volátil, castanho-escuro, que provoca ulceração da córnea, queimaduras na pele, dor de cabeça, edema pulmonar e diarreia. O ciclo-hexano é um líquido inflamável que provoca irritação nos olhos, na pele e nas vias respiratórias e narcose.

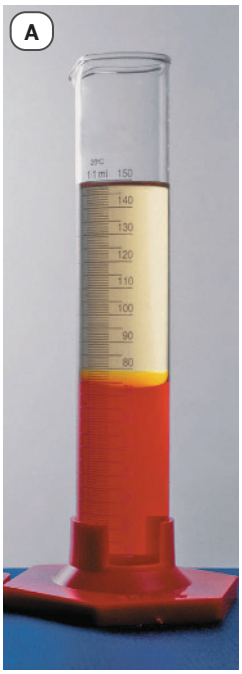
Tetracloreto de carbono
TÓXICO

Bromo
TÓXICO

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A água, polar, e o tetracloreto de carbono, apolar, também são líquidos imiscíveis; colocados em um mesmo frasco, constituem duas fases distintas. Nas duas provetas da Figura 15, o solvente da fase superior é a água (H_2O, polar) e o da inferior é o tetracloreto de carbono (CCl_4, apolar), ambos incolores. Na proveta da Figura 15.A, foi colocado bromo (Br_2, apolar), que se dissolve predominantemente na fase apolar, conferindo-lhe a cor alaranjada. Uma pequena porção do Br_2 permanece dissolvida na fase aquosa, resultando na leve coloração laranja dessa fase. Na proveta da Figura 15.B, foi adicionado sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$, constituído de íons Cu^{2+} e SO_4^{2-}), que se dissolve preferencialmente na fase polar, dando-lhe cor azul.



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 15. (A) Bromo dissolve-se melhor em tetracloreto de carbono (fase inferior) que em água (fase superior). (B) Sulfato de cobre(II) dissolve-se melhor em água (fase superior) que em tetracloreto de carbono (fase inferior).

No Capítulo 9, apresentaremos uma visão mais ampla do tema solubilidade, comentando outros fatores determinantes dessa propriedade. Poderemos, então, voltar a esse tema para explicá-lo com mais detalhes conceituais.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

MEIO AMBIENTE | CIÊNCIA E TECNOLOGIA | ODS 6 | ODS 14

Trabalhando em equipes, pesquisem casos de derramamento de petróleo no mar, acidentes com a característica da imiscibilidade do poluente com a água (Fig. 16). Escolham exemplos graves, incluindo ocorrências no Brasil, e selecionem dados e imagens que ilustrem as consequências.

Imaginem-se desenvolvedores de aplicativos para celular e outros dispositivos. Que características um aplicativo deveria apresentar para mobilizar toda a sociedade no sentido de vigiar e avisar em caso de derramamento de petróleo no mar? Como isso poderia contribuir para minimizar danos ambientais? Haveria necessidade de geolocalização? E integração com redes sociais e órgãos de fiscalização e proteção? Que outras irregularidades causadoras de problemas ambientais poderiam ser percebidas pela população e imediatamente denunciadas às autoridades por meio do aplicativo?

TIAGO CALDAS/FOTOARENA

Figura 16. Trabalho de limpeza de óleo na Praia de Pirituba (Salvador, BA, 2019). A contaminação foi resultado de derramamento de derivados de petróleo em alto-mar, transportados pela maré até a praia.

Agora, imaginem que vocês vão **apresentar essa ideia a investidores** para convencê-los a entrar com recursos financeiros para o desenvolvimento do aplicativo. Preparem essa apresentação para que dure 5 minutos. No dia marcado, façam a apresentação à turma. A critério do professor, a plateia que simula investidores, em vez da turma, pode ser composta de educadores da escola, que escolherão os melhores projetos e as melhores apresentações.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MUNDO DO TRABALHO Empreendedorismo

ECONOMIA

Ao realizarem a *Atividade em grupo* anterior, você e seus colegas se imaginaram buscando investimentos para criar desenvolver um projeto com impacto social positivo. Nesse contexto, vocês estavam realizando **empreendedorismo**.

Leia os textos a seguir para compreender o que é ser empreendedor e perceber que muitos jovens escolhem esse caminho.

> Empreender inclui abrir negócios e gerar empregos, mas vai muito além disso. Empreendedores são agentes de inovação, que melhoram a qualidade de vida das pessoas, que impulsionam o crescimento econômico e que contribuem na transformação social.
>
> De forma bem simplificada, podemos dizer que empreender é também saber identificar oportunidades e transformá-las em negócios. Isso pode se dar, por exemplo, a partir de uma solução criada para sanar alguma necessidade dos consumidores, que pode ser um produto ou serviço, com base em um conhecimento ou habilidade específica.
>
> Empreender também envolve a habilidade de gerenciar recursos, tomar decisões estratégicas e adaptar-se às mudanças no mercado. É um processo dinâmico que requer dedicação, perseverança e a capacidade de aprender com os desafios.

Fonte: SEBRAE SANTA CATARINA. Mas afinal, o que é empreendedorismo? **Blog Populares**. Santa Catarina, 8 nov. 2023. Disponível em: https://www.sebrae-sc.com.br/blog/o-que-e-empreendedorismo. Acesso em: 16 out. 2024.

> Quais os principais setores que absorvem a força de trabalho jovem? Com os microdados da PNAD [Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, realizada pelo IBGE] do 3º trimestre de 2022, foi possível mapear os setores mais associados às juventudes, por meio da taxa de juventude. O principal é o de comércio e reparação, seguido por: alojamento e alimentação; outras atividades; indústria de transformação; outros serviços coletivos, sociais e pessoais; e construção. Já o setor de serviços domésticos é aquele menos associado às juventudes, seguido pelo setor agrícola e pela administração pública. Os demais setores concentram jovens em proporções semelhantes às da população geral.
>
> Quando o foco é colocado nos grupos ocupacionais das pessoas com trabalho, o mais associado à juventude é o de trabalhadores de serviços administrativos, seguido por: vendedores e prestadores de serviço do comércio; membros das forças armadas e auxiliares; técnicos de nível médio; e trabalhadores da produção de bens e serviços de reparação e manutenção. No extremo oposto, o grupo ocupacional com menor percentual de jovens é o dos dirigentes em geral, seguido pelo dos trabalhadores agrícolas.
>
> [...]
>
> Outro caminho escolhido pelas juventudes como forma de se inserir no mundo do trabalho é empreender, constituindo um pequeno negócio. Em 2008, a Lei Complementar nº 128 criou a figura do MEI [microempreendedor individual], a fim de facilitar o processo de formalização de profissionais autônomos ou microempresários, possibilitando também a contribuição para a previdência social. Atualmente no Brasil, o MEI é responsável por quase 60% dos negócios ativos, além de representar 79% das empresas abertas no primeiro quadrimestre de 2022. O crescimento da modalidade aponta para a necessidade de alternativas frente às dificuldades do mercado de trabalho.
>
> Em 2022, a modalidade MEI somou mais de 11 milhões de empresas ativas. Levantamento recente sobre o perfil desses empreendedores mostrou que 76% deles têm o MEI como sua única fonte de renda, 33% estavam na informalidade antes de aderir ao MEI e 15% têm até 29 anos. Destaca-se o elevado nível de escolaridade: aproximadamente 75% possuem pelo menos ensino médio completo, indicando que esta alternativa de formalização tem sido pouco acessada pelos menos escolarizados.

Fonte: ITAÚ EDUCAÇÃO E TRABALHO (org.). **O futuro do mundo do trabalho para as juventudes brasileiras**. São Paulo: Itaú Educação e Trabalho, 2023. p. 67-69.

Agora, em grupos, realizem as atividades.

1. Quando uma pessoa tem um "emprego com carteira de trabalho assinada", possui direitos e deveres caracterizados pelo **vínculo empregatício da CLT** (Consolidação das Leis do Trabalho). Por outro lado, um **MEI** (microempreendedor individual, conforme comentado no texto) tem outros direitos e deveres. Pesquisem as principais diferenças entre essas formas de atuação profissional.
2. Fundamentados na pesquisa realizada na atividade anterior, indiquem quais são os atrativos para que alguém escolha uma ou outra forma de trabalho.
3. Um funcionário contratado pela CLT é uma **pessoa física** que recebe seu salário de uma **pessoa jurídica**. Pesquisem e resumam as diferenças fundamentais entre pessoa física e pessoa jurídica.
4. **Empreendimentos de impacto social** são voltados a indivíduos de baixa renda, permitindo-lhes acesso a produtos ou serviços normalmente inacessíveis. Pesquisem exemplos desse tipo de empreendimento e, a seguir, elaborem um **projeto para um empreendimento de impacto social** que poderia ser desenvolvido em sua comunidade, considerando a **realidade local**, a fim de auxiliar a população de baixa renda. Façam um detalhamento dessa proposta (tipo de negócio, origem dos investimentos etc.) e exponham-na aos colegas de turma no formato determinado pelo professor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

11. Óleo de soja praticamente não se dissolve em água. A partir dessa informação, qual das deduções é mais cabível?
11. c

a. As moléculas de óleo são menores do que as de água.
b. Os elementos químicos presentes nas moléculas de óleo são totalmente diferentes dos presentes nas de água.
c. As moléculas do óleo de soja devem ser apolares.
d. Óleo de soja possui moléculas extremamente polares.
e. O número de átomos nas moléculas de óleo deve ser 3.

12. O funil de separação (também denominado funil de decantação) é o equipamento de vidro provido de tampa e torneira mostrado na foto a seguir.

RABBITMINDPHOTO/ SHUTTERSTOCK

Funil de separação encaixado em uma argola de metal presa a um suporte. (A altura do funil desta foto é 20 cm.)

Explique por que esse equipamento serve para fracionar (separar) uma mistura de óleo de cozinha e água, mas não uma de acetona e água. Inclua argumentos referentes às propriedades moleculares relevantes para a explicação.

13. Para realizar determinado procedimento de laboratório, uma química precisa utilizar ciclo-hexeno (C_6H_{10}) dissolvido em um líquido apropriado. Para dissolver essa substância, ela dispõe de dois líquidos, água e octano (C_8H_{18}). Acertadamente, ela optou por um deles. Explique qual foi a escolha e apresente uma argumentação que a embase.

14. Um tecido de valor histórico contém uma pequena mancha de graxa. Uma restauradora, incumbida de removê-la, pode optar por esfregar gentilmente a parte atingida com um algodão embebido em heptano (C_7H_{16}) ou etanol (CH_3CH_2OH), líquidos que evaporarão do tecido após o procedimento. Qual deles a restauradora deve preferir? Por quê?

15. (Enem) Em um laboratório de química foram encontrados cinco frascos não rotulados, contendo: propanona, água, tolueno, tetracloreto de carbono e etanol. Para identificar os líquidos presentes nos frascos, foram feitos testes de solubilidade e inflamabilidade. Foram obtidos os seguintes resultados:
15. c

- Frascos 1, 3 e 5 contêm líquidos miscíveis entre si;
- Frascos 2 e 4 contêm líquidos miscíveis entre si;
- Frascos 3 e 4 contêm líquidos não inflamáveis.

Com base nesses resultados, pode-se concluir que a água está contida no frasco

a. 1. **b.** 2. **c.** 3. **d.** 4. **e.** 5.

16. Apresente os argumentos que lhe permitiram chegar à resposta da atividade anterior.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Interações intermoleculares

Quando uma substância molecular está em fase gasosa, as moléculas estão, na maior parte do tempo, bastante separadas umas das outras, movimentando-se com muita liberdade. Na fase líquida, elas se encontram mais próximas e passam a ter maior interação umas com as outras, movimentando-se com menor liberdade. Na fase sólida, as moléculas estão bem organizadas, interagindo mais intensamente e com seu movimento restrito a oscilações ao redor de posições relativamente bem definidas. Um dos fatores responsáveis pelo fato de as moléculas permanecerem mais próximas nas fases sólida e líquida são interações de atração mútua entre elas, chamadas **interações** (ou **forças**) **intermoleculares**. Vejamos três tipos importantes dessas interações.

Uma molécula de HCl é polar em razão da diferença de eletronegatividade entre seus átomos. Dizemos que moléculas polares, como essa, apresentam **dipolo elétrico**. Entre moléculas de HCl próximas, o polo negativo ($\delta-$) de uma atrai eletrostaticamente o polo positivo ($\delta+$) de outra, e vice-versa. Essa força de atração entre os polos elétricos de moléculas polares é chamada de **interação dipolo-dipolo**, ou **interação dipolo permanente-dipolo permanente** (Fig. 17), e é responsável por manter a proximidade, nas fases líquida e sólida, das moléculas de substâncias polares como HCl, HBr, HI, H_2S, H_2Se, H_2Te, PH_3, AsH_3, SbH_3 e H_3CCOCH_3 (acetona).

As interações íon-dipolo serão comentadas no Capítulo 7, ao tratar da dissociação de eletrólitos em água.

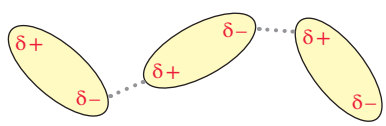
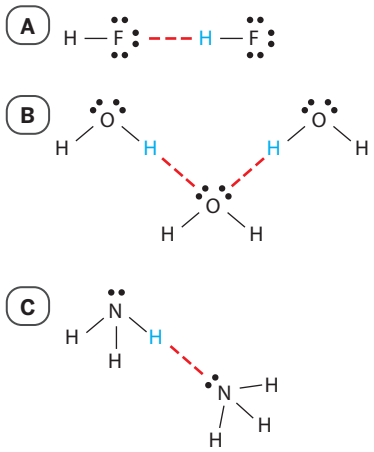


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 17. Representação esquemática das interações dipolo-dipolo (em pontilhado cinza), atração eletrostática mútua entre polos de cargas opostas de moléculas polares. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

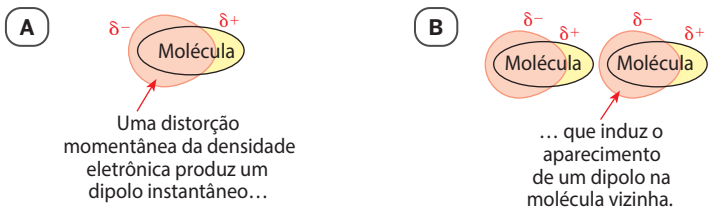
Os átomos de flúor (F), de oxigênio (O) e de nitrogênio (N) são muito eletronegativos. Quando estão ligados a um átomo de hidrogênio, há grande polarização dessa ligação. O polo positivo estabelecido no átomo de hidrogênio é tão intenso que ele interage atrativamente com o par de elétrons do átomo de flúor, de oxigênio ou de nitrogênio de outra molécula próxima (Fig. 18). Essa interação entre moléculas recebe o nome de **ligação de hidrogênio**. Trata-se de uma interação **mais forte** do que as do tipo dipolo-dipolo e que ocorre tipicamente entre moléculas que tenham átomo de hidrogênio diretamente ligado a átomo de elemento químico muito eletronegativo (F, O ou N), tais como HF, H_2O, NH_3, CH_3OH (metanol), CH_3CH_2OH (etanol), CH_3NH_2 (metilamina) e CH_3COOH (ácido acético).



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 18. Representação esquemática (em tracejado vermelho) das ligações de hidrogênio no fluoreto de hidrogênio (A), na água (B) e na amônia (C), líquidos ou sólidos. Os átomos de hidrogênio destacados em azul são os envolvidos nas ligações de hidrogênio representadas.

Considere, agora, uma molécula apolar. Ela não apresenta dipolo permanente, mas, em dado instante, a distribuição de elétrons na molécula pode deixar de ser uniforme, levando à formação de uma região com maior densidade eletrônica e de outra com menor densidade eletrônica. Nesse momento, surgiu um **dipolo instantâneo** (Fig. 19.A), ou seja, por um brevíssimo intervalo de tempo terão se estabelecido dois polos elétricos (um positivo e um negativo) na molécula. O polo positivo desse dipolo instantâneo atrai os elétrons da molécula vizinha, na qual, em razão dessa atração, origina-se um **dipolo induzido** (Fig. 19.B). As extremidades de cargas opostas desses dois dipolos, o instantâneo e o induzido, atraem-se mutuamente, como no caso dos dipolos permanentes.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 19. Esquema mostrando a origem das interações intermoleculares entre dipolo instantâneo e dipolo induzido. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Embora essa situação, denominada **interação dipolo instantâneo-dipolo induzido**, seja temporária, ela se repete indefinidamente, sendo responsável pela interação de moléculas apolares, como H_2, N_2, O_2, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, CH_4, SiH_4, GeH_4, SnH_4, hidrocarbonetos e algumas substâncias presentes em materiais como ceras, óleos e gorduras.

As interações dipolo instantâneo-dipolo induzido são também conhecidas como **forças de dispersão de London**, em homenagem ao físico alemão Fritz Wolfgang London (1900-1954). Elas **estão presentes em todas as substâncias**, polares ou apolares, pois distorções momentâneas da densidade eletrônica ocorrem em qualquer molécula.

Apesar de **relativamente fracas**, as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido são o único tipo de interação intermolecular entre moléculas apolares, daí sua relevância quando estudamos sistemas com esse tipo de molécula. Alguns autores chamam essas interações de **forças de van der Waals**, embora outros autores usem esse termo como sinônimo de forças intermoleculares em geral. A denominação é um reconhecimento aos estudos de interações intermoleculares realizados pelo físico holandês Johannes Diderik van der Waals (1837-1923).

Abordamos aqui interações intermoleculares em substâncias puras. Daremos atenção às interações intermoleculares em soluções em outros capítulos deste livro, em especial no 9.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

17. Qual das substâncias a seguir apresenta moléculas que, em fase sólida ou em fase líquida, estão associadas por ligações de hidrogênio? 17. c

a. H_2 **c.** NH_3 **e.** NaH
b. CH_4 **d.** PH_3

18. (Enem) Um método para determinação do teor de etanol na gasolina consiste em misturar volumes conhecidos de água e de gasolina em um frasco específico. Após agitar o frasco e aguardar um período de tempo, medem-se os volumes das duas fases imiscíveis que são obtidas: uma orgânica e outra aquosa. O etanol, antes miscível com a gasolina, encontra-se agora miscível com a água. 18. e

Para explicar o comportamento do etanol antes e depois da adição de água, é necessário conhecer

a. a densidade dos líquidos.
b. o tamanho das moléculas.
c. o ponto de ebulição dos líquidos.
d. os átomos presentes nas moléculas.
e. o tipo de interação entre as moléculas.

19. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos com cerca de oito átomos de carbono na molécula. Que tipo de ligação química mantém as moléculas coesas na gasolina líquida? Inclua, na resposta, explicação sobre a origem dessas forças.

20. (Enem) Além de ser uma prática ilegal, a adulteração de combustíveis é prejudicial ao meio ambiente, ao governo e, especialmente, ao consumidor final. Em geral, essa adulteração é feita utilizando compostos com propriedades físicas semelhantes às do combustível, mas de menor valor agregado. 20. c

Considerando um combustível com 20% de adulterante, a mistura em que a adulteração seria identificada visualmente é

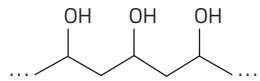
a. etanol e água.
b. etanol e acetona.
c. gasolina e água.
d. gasolina e benzeno.
e. gasolina e querosene.

21. (Enem) Adicionar a quantidade de álcool à gasolina, diferentes daquelas determinadas pela legislação, é uma das formas de adulterá-la. Um teste simples para aferir a quantidade de álcool presente na mistura consiste em adicionar uma solução salina aquosa à amostra de gasolina sob análise. 21. b

Essa metodologia de análise pode ser usada porque o(a)

a. água da solução salina interage com a gasolina da mistura, formando duas fases, uma delas de álcool puro.
b. álcool contido na gasolina interage com a solução salina, formando duas fases, uma delas de gasolina pura.
c. gasolina da mistura sob análise interage com a solução salina, formando duas fases, uma delas de álcool puro.
d. água da solução salina interage com álcool da mistura, formando duas fases, uma delas de gasolina com o sal.
e. álcool contido na gasolina interage com o sal da solução salina, formando duas fases, uma delas de gasolina mais água.

22. Determinada cola consiste em poli(álcool vinílico), polímero que tem a seguinte estrutura:



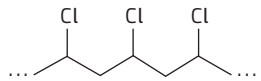
A atuação desse adesivo está relacionada à sua tendência de estabelecer ligações de hidrogênio com materiais de estrutura apropriada.

Imagine que você precisa colar:

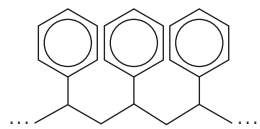
- as partes de uma caneta de polietileno quebrada;
- a asa de uma caneca de poliestireno;
- um detalhe decorativo de couro sintético (PVC) que caiu de uma jaqueta desse mesmo material;
- tecido de algodão (celulose) para revestir uma caixa de papelão (também celulose).

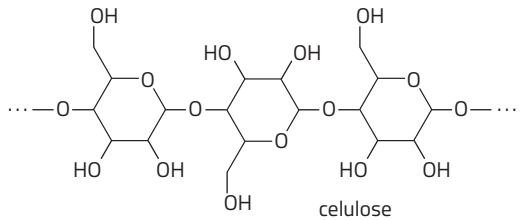
Considerando as estruturas dos materiais envolvidos, mostradas a seguir, deduza qual dessas colagens tem maior chance de sucesso com a cola mencionada. Apresente argumentos que sustentem sua resposta.

polietileno



PVC


poliestireno



23. Tecidos de algodão, madeiras e papéis são constituídos do polímero celulose e têm grande afinidade pela água, umedecendo-se com muita facilidade.

a. Considerando a fórmula estrutural da celulose (veja na atividade anterior), argumente por que suas moléculas são tão propensas a interagir atrativamente com moléculas de água.
b. Proponha um esquema da interação envolvida.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Efeitos de interações intermoleculares

Quando uma substância molecular está na fase sólida ou líquida, suas moléculas interagem atrativamente em razão das forças intermoleculares que, nesse contexto, são denominadas **forças de coesão**, já que mantêm as moléculas unidas, coesas. Quando a água evapora, por exemplo, ligações de hidrogênio são rompidas e as moléculas praticamente deixam de interagir atrativamente umas com as outras. Se o vapor de água condensar sobre uma superfície fria (Fig. 20), ligações de hidrogênio voltam a se estabelecer entre as moléculas. Forças intermoleculares também são responsáveis pelas gotas se ligarem à superfície, sendo denominadas, nesse contexto, **forças de adesão**.

MAGICINFOTO/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 20. Quando o vapor de água condensa sobre uma superfície de vidro, são estabelecidas ligações de hidrogênio entre suas moléculas (forças de coesão). Interações intermoleculares também são responsáveis pela aderência das gotas à superfície do vidro (forças de adesão).

Se um tubo extremamente fino de vidro, que denominamos **capilar** (palavra que vem do latim e se refere a cabelo), é parcialmente mergulhado na água, verifica-se que o nível do líquido dentro dele sobe (Fig. 21.A, na qual a água contém corante vermelho para visualização). Esse fenômeno, chamado de **ação capilar**, ou **capilaridade**, deve-se, entre outros fatores, ao fato de as forças de adesão entre água e vidro serem mais intensas que as forças de coesão da água (ligações de hidrogênio). Já o mercúrio não sobe pelo capilar (Fig. 21.B) porque as forças de coesão no líquido (as ligações químicas existentes entre seus átomos) são mais intensas que as forças de adesão ao vidro. Essa diferença entre mercúrio e água também se manifesta no formato da superfície do líquido, denominada **menisco**, quando colocado em um tubo de ensaio. O menisco da água tem concavidade voltada para cima, e o do mercúrio, concavidade voltada para baixo (Fig. 22).

SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

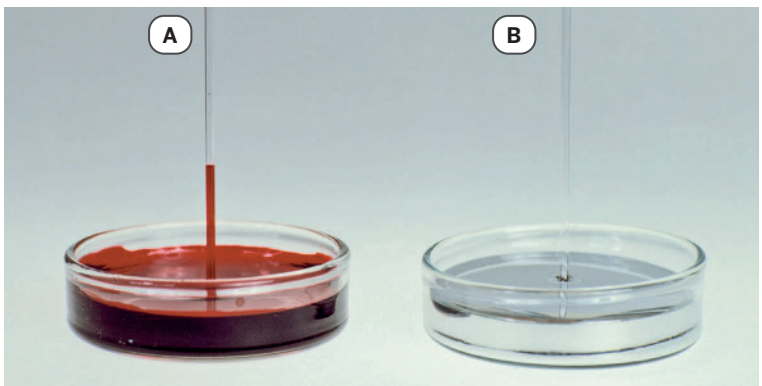


Figura 21. Subida de água (colorida de vermelho para visualização) em um capilar de vidro (A). Com o mercúrio (B), não ocorre essa elevação. Uma observação bem mais próxima revela que o nível do mercúrio, dentro do capilar, está abaixo do externo. (O experimento **NÃO deve ser reproduzido na escola**; o mercúrio e seus vapores são **TÓXICOS**.)

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

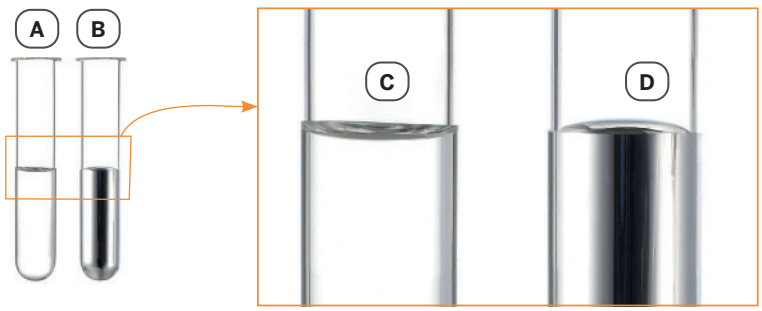


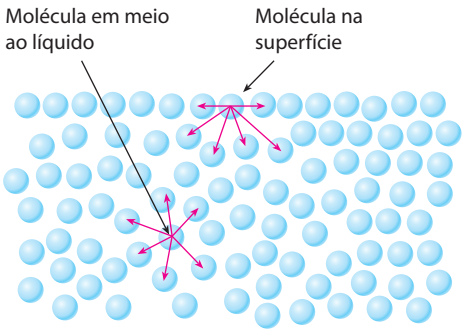
Figura 22. Tubos de ensaio contendo água (A) e mercúrio (B). O menisco da água tem concavidade voltada para cima (C) porque a adesão dela ao vidro é mais intensa que a coesão no líquido. No mercúrio, a concavidade do menisco é voltada para baixo (D) porque a coesão é mais intensa que a adesão. (O experimento **NÃO deve ser reproduzido na escola**; o mercúrio e seus vapores são **TÓXICOS**.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Se colocarmos, muito delicadamente, um pequeno clipe de aço sobre a superfície da água pura, ele permanecerá na superfície, apesar de ser feito de um material quase oito vezes mais denso do que a água (Fig. 23). A **tensão superficial** é uma propriedade dos líquidos que indica a resistência que sua superfície oferece a ser deformada e que se deve ao fato de as moléculas da superfície não serem igualmente atraídas pelas vizinhas em todas as direções (Fig. 24).

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 23. Um pequeno clipe de aço, se colocado delicadamente sobre a água, não perfura a superfície e não afunda. Esse fenômeno decorre da elevada tensão superficial desse líquido.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 446.

Figura 24. Uma molécula em meio ao líquido é atraída por vizinhas em todas as direções. Já uma na superfície só é atraída por vizinhas laterais e inferiores, o que origina a tensão superficial. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A água, em razão das intensas ligações de hidrogênio, apresenta elevada tensão superficial, ou, em outras palavras, sua superfície oferece resistência a ser deformada. Por isso, objetos pequenos e leves, ainda que constituídos de material mais denso do que a água, podem, eventualmente, permanecer na superfície do líquido sem perfurá-la e sem afundar. Veremos, no Capítulo 9, que a presença de sabões ou detergentes diminui a tensão superficial da água.

Para certo volume, a esfera é a forma tridimensional cuja área superficial é a menor possível. A elevada tensão superficial da água faz com que sua superfície atue como uma membrana elástica e, assim, uma gota desse líquido tende a adquirir forma esférica (Fig. 25), com a superfície minimamente tensionada. A atuação da força peso provoca o achatamento da gota (Fig. 26), que é tanto mais pronunciado quanto maior for seu volume.

NASA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 25. O astronauta estadunidense Clayton Anderson (nascido em 1959), em órbita da Terra (em veículo acoplado à Estação Espacial Internacional, 2010), observa uma gota de água. A tensão superficial tende a fazê-la assumir a forma esférica.

BLICKWINKEL/ALAMY/FOTOARENA

Figura 26. Aves aquáticas espalham nas penas, com o bico, óleo produzido na glândula uropigiana (próxima da cauda). Na foto, gota de água (largura de 7 mm) sobre penas impermeabilizadas com esse óleo. A gota, submetida à força peso e apoiada na superfície, fica ligeiramente achatada.

As intensas forças de coesão entre as moléculas de água desempenham importante papel na condução da seiva mineral (água e sais minerais nela dissolvidos), da raiz até as folhas das plantas (Fig. 27), no interior dos vasos do xilema (estruturas condutoras de seiva mineral). Neles, finas colunas de água podem se manter coesas e atingir até cerca de 160 metros de altura. Sem essas intensas forças de coesão entre as moléculas de água, as árvores não ultrapassariam uma altura de aproximadamente 10 metros.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Além da tensão superficial, outra propriedade dos líquidos decorrente da intensidade das interações intermoleculares é a **viscosidade**, grandeza relacionada à lentidão de um líquido para escorrer (Fig. 28). Quanto mais intensas as forças atrativas entre as moléculas de um líquido, mais viscoso ele será.

FABIO COLOMBINI/ARQUIVO DO FOTÓGRAFO

Figura 27. Araucária, árvore que pode chegar a 50 metros de altura. (Urupema, SC, 2019.) As ligações de hidrogênio promovem acentuada coesão das moléculas de água, que é, em parte, responsável pela condução de seiva mineral até as folhas.

FASCINADORA/SHUTTERSTOCK

Figura 28. O mel escorre mais lentamente que a água porque é mais viscoso do que ela.

Em destaque

Interações intermoleculares na farmacologia

A **farmacologia** é a área científica que estuda os **fármacos**, substâncias de ação medicamentosa.

A atuação de alguns fármacos deve-se a interações intermoleculares entre eles e partes específicas do nosso organismo ou de organismos invasores causadores de doenças. Nesse contexto, a parte específica com a qual se pretende que o fármaco interaja é denominada alvo do fármaco.

Por exemplo, alguns antitérmicos (fármacos para combater a febre) têm como alvo determinada enzima do nosso organismo, com a qual interagem por forças intermoleculares, inibindo sua atuação e reduzindo, em decorrência disso, o processo febril.

Antibióticos, empregados **estritamente sob orientação médica** no combate a infecções bacterianas, têm como alvo enzimas das bactérias invasoras; sua inibição (decorrente de interações intermoleculares entre fármaco e enzima) impede a reprodução bacteriana, combatendo a infecção.

Um dos tratamentos, **sob supervisão médica**, para a infecção viral conhecida como varicela, ou catapora, também se fundamenta em interações intermoleculares. Ele foi desenvolvido pela bioquímica estadunidense de ascendência lituana Gertrude Belle Elion (1918-1999) (Fig. 29), que recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1988 como reconhecimento por suas pesquisas sobre princípios ativos de medicamentos. Entre as contribuições de Gertrude está o primeiro fármaco antiviral bem-sucedido, designado pelo nome genérico aciclovir, empregado no tratamento de varicela (catapora) e herpes zóster (cobreiro). Essa substância estabelece interações intermoleculares com uma enzima envolvida na reprodução do vírus dentro de células humanas, inibindo-a sem afetar de modo significativo os processos metabólicos que acontecem no organismo humano.

GLAXOSMITHKLINE PLC/CC BY 4.0/WIKIMEDIA FOUNDATION

Figura 29. A bioquímica Gertrude Belle Elion, em foto do início da década de 1990.

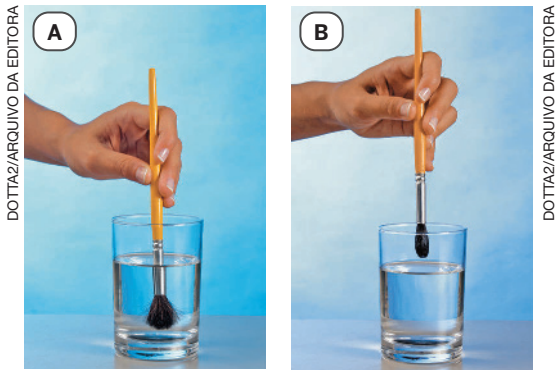
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

24. Quando um pincel limpo imerso em água (foto A) é retirado dela, as cerdas imediatamente se unem (foto B). Proponha uma explicação para esse fato.



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

25. As pequenas gotas de orvalho aderidas a uma teia de aranha adquirem formato esférico, como na foto.

FABIO COLOMBINI/ ARQUIVO DO FOTÓGRAFO

Gotas de orvalho em teia de aranha. As maiores têm cerca de 1 mm de diâmetro.

a. Explique por que essas gotículas têm formato esférico. Argumente com base em uma relevante propriedade da água, deixando claro que propriedade é essa e como se origina.

b. Os fios de seda que a aranha produz para tecer sua teia são de uma proteína cuja molécula é muito longa e apresenta diversos grupos C═O e N—H. Fundamentado nessa informação, decida que interações intermoleculares são responsáveis pela adesão da água aos fios da teia e represente-as.

26. Quando gotas de água caem sobre uma superfície recentemente encerada (por exemplo, um piso cerâmico ou a lataria de um automóvel), elas adquirem um formato bem diferente de quando caem sobre uma folha de papel. Elabore um desenho esquemático do formato das gotas em cada caso e proponha uma explicação para a diferença.

27. As superfícies de muitas folhas e frutos são naturalmente revestidas de uma camada de cera. Quando você observa a superfície de uma manga, por exemplo, pode perceber o discreto brilho dessa camada. As ceras naturais são constituídas de diversos tipos de longas moléculas, constituídas exclusiva ou predominantemente por átomos de carbono e de hidrogênio. Dois exemplos são $C_{29}H_{60}$ e $C_{31}H_{64}$.
Essa camada proporciona à planta, entre outras coisas, redução da perda de água por evaporação.
Proponha uma explicação para o fato de a água que está dentro de uma manga não tender a atravessar a camada de ceras que existe em sua casca.

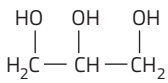
28. O óleo lubrificante usado em motores é constituído de uma mistura de hidrocarbonetos e apresenta alta viscosidade. Proponha uma explicação, fundamentada no conhecimento sobre forças intermoleculares, para a necessidade de usar óleo lubrificante no motor.

29. Leia o texto para realizar esta atividade.

> A glicerina, também conhecida como glicerol, é usada há cerca de cem anos em fórmulas cosméticas para cuidados com a pele. De fato, está entre os três ingredientes cosméticos mais comuns, depois da água e da fragrância.
>
> Este uso generalizado deve-se em grande parte às suas propriedades hidratantes e, claro, à sua baixa toxicidade.

Fonte: JASTRZEMBSKI, J. **The role of Glycerin in skin care formulations** [*S. l.*]: Lab Alley, c2024. (Tradução dos autores.) Disponível em: https://www.laballey.com/pages/the-role-of-glycerin-in-skin-care-formulations. Acesso em: 16 out. 2024.

A fórmula estrutural da glicerina é:

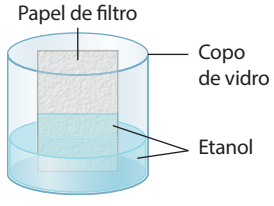


glicerina

Quando a glicerina presente em um preparado cosmético é espalhada sobre a pele, favorece a retenção de umidade, atuando como **hidratante** (ou **umectante**). Considerando a presença dos grupos —OH na molécula da glicerina, explique sua propriedade de atuar na hidratação da pele.

30. (Enem) Um experimento simples, que pode ser realizado com materiais encontrados em casa, é realizado da seguinte forma: adiciona-se um volume de etanol em um copo de vidro e, em seguida, uma folha de papel. Com o passar do tempo, observa-se um comportamento peculiar: o etanol se desloca sobre a superfície do papel, superando a gravidade que o atrai no sentido oposto, como mostra a imagem. Para parte dos estudantes, isso ocorre por causa da absorção do líquido pelo papel.

30. d



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Do ponto de vista científico, o que explica o movimento do líquido é a

a. evaporação do líquido.
b. diferença de densidades.
c. reação química com o papel.
d. capilaridade nos poros do papel.
e. resistência ao escoamento do líquido.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

7. Interações intermoleculares e vaporização

Quando uma substância molecular muda de fase, suas moléculas continuam a existir, pois as ligações covalentes (entre os átomos que formam a molécula) não são rompidas. O que ocorre são alterações nas interações **entre** as moléculas.

Na fusão, por exemplo, parte das interações intermoleculares é rompida. As moléculas liberam-se de suas posições e passam a se mover com relativa liberdade, mas ainda sob influência das moléculas próximas. Na vaporização, as interações intermoleculares características do estado líquido são desfeitas e as moléculas passam a se mover de forma ainda mais caótica e independente, constituindo a fase vapor. Esses processos demandam energia, geralmente fornecida à substância na forma de calor (Fig. 30).

Por que substâncias moleculares têm diferentes tendências a vaporizar, apresentando, consequentemente, diferentes temperaturas de ebulição?

Ao compararmos substâncias com massas moleculares aproximadamente iguais, aquela com forças intermoleculares mais intensas apresentará maior temperatura de ebulição. A sequência **crescente** de intensidade de forças intermoleculares, para moléculas de massas similares, é dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio.

A massa molecular pode ser calculada somando a massa de todos os átomos constituintes. As massas atômicas são obtidas por consulta à tabela periódica e são expressas na **unidade de massa atômica unificada**, simbolizada por **u**. Por exemplo, a tabela periódica mostra que a massa atômica do carbono é 12 u, e a do hidrogênio é 1 u. Com esses valores, pode-se calcular, por exemplo, que a massa molecular do metano (CH_4) é 16 u.

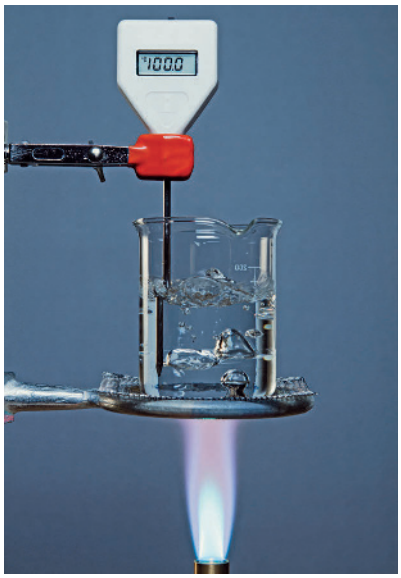
Para exemplificar o efeito da intensidade das interações intermoleculares sobre a temperatura de ebulição, podemos mencionar o propano ($CH_3CH_2CH_3$), o éter dimetílico (CH_3OCH_3) e o etanol (CH_3CH_2OH), que têm massas moleculares próximas (respectivamente, 44 u, 46 u e 46 u). A 1 atm (pressão atmosférica ao nível do mar) suas temperaturas de ebulição (*TE*), na ordem citada, são aproximadamente −42 °C, −25 °C e 78 °C, consequência do fato de as ligações intermoleculares serem, nessa mesma ordem, dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio.

Também podemos citar o butano ($CH_3CH_2CH_2CH_3$, 58 u), a trimetilamina ($N(CH_3)_3$, 59 u) e a propilamina ($CH_3CH_2CH_2NH_2$, 59 u), cujos valores aproximados de *TE*, a 1 atm, são, respectivamente, −1 °C, 3 °C e 47 °C. Aqui também as forças intermoleculares são, na ordem em que as substâncias foram mencionadas, dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio.

Ao compararmos duas substâncias com o mesmo tipo de interação intermolecular, a que tiver maior massa molecular apresentará maior temperatura de ebulição. A explicação é que as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido ocorrem em **todas** as substâncias, não só nas apolares. Assim, quanto mais elevada a massa de uma molécula, maior será a quantidade total de elétrons, maior a possibilidade de ocorrerem distorções momentâneas da densidade eletrônica e mais importante será a contribuição desse tipo de interação intermolecular para a temperatura de ebulição.

Como exemplo, consideremos três substâncias em que ocorrem ligações de hidrogênio e seus valores aproximados de *TE* a 1 atm: metanol (CH_3OH, 32 u, $TE = 65$ °C), etanol (CH_3CH_2OH, 46 u, $TE = 78$ °C) e propan-1-ol ($CH_3CH_2CH_2OH$, 60 u, $TE = 97$ °C). Note que as temperaturas de ebulição aumentam à medida que a massa molecular aumenta.

Outro exemplo, também a 1 atm, agora com substâncias em que a força intermolecular é dipolo instantâneo-dipolo induzido: pentano (C_5H_{12}, 72 u, $TE = 36$ °C), hexano (C_6H_{14}, 86 u, $TE = 69$ °C) e heptano (C_7H_{16}, 100 u, $TE = 99$ °C).



TURTLE ROCK SCIENTIFIC/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 30. Água em ebulição, a 100 °C e 1 atm. O dispositivo cujo sensor está mergulhado no líquido é um termômetro digital. Nessa mudança de fase, as moléculas da substância água não são destruídas, apenas se separam umas das outras porque há ruptura de interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio. A energia necessária para causar essa ruptura provém da combustão de gás de botijão em um dispositivo de aquecimento chamado bico de Bunsen.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

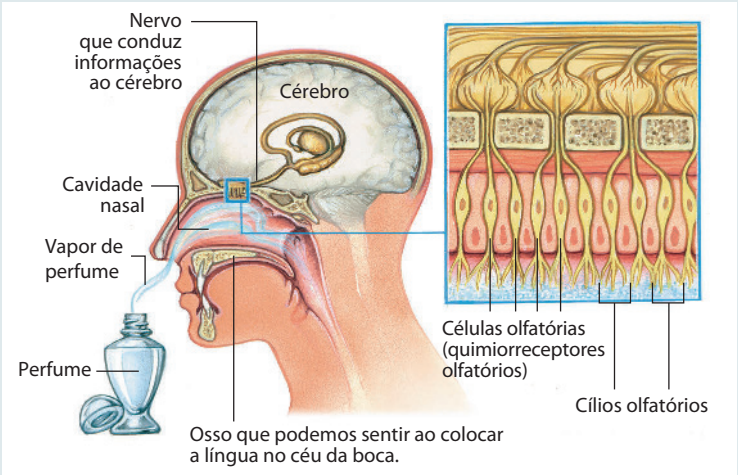
Os dados numéricos apresentados neste item são provenientes de RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 3. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 4-62.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Os perfumes são misturas de substâncias com diferentes aromas, dissolvidas em líquido apropriado. As moléculas dos perfumes passam para a fase vapor e atingem o alto da cavidade nasal, onde ficam os quimiorreceptores do olfato, isto é, estruturas especializadas que captam a presença de substâncias químicas por meio de interações intermoleculares. Cada quimiorreceptor olfatório é uma célula em cuja extremidade existem cílios muito sensíveis. Quando vapores de substâncias estimulam os cílios dessas células, elas enviam para o cérebro impulsos que são interpretados como sensações olfatórias. O ser humano possui cerca de 100 milhões de células olfatórias.

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Moore's Clinically Oriented Anatomy**. 9. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2023. *E-book*.

Figura 31. Localização dos quimiorreceptores do olfato humano. (Representação em corte e fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Após aplicar um perfume na pele, os componentes mais voláteis (os que evaporam mais rápido) constituem as **notas de saída** (ou de cabeça), sendo os primeiros percebidos. Os de volatilidade intermediária são as **notas de coração** (ou de corpo). Os menos voláteis formam as **notas de fundo** (ou de base) e são sentidos tempos depois.

Pesquisem as fórmulas estruturais e as massas moleculares de **limoneno** (aroma cítrico), **jasmona** (essência de jasmim) e **muscona** (odor de almíscar), que pertencem a notas diferentes.

Debatam e associem cada substância à sua nota. Apresentem argumentos consistentes que justifiquem a escolha.

Elaborem um vídeo (sugestões estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5) expondo as conclusões e explicando à comunidade por que o cheiro de um perfume aplicado na pele muda com o tempo.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

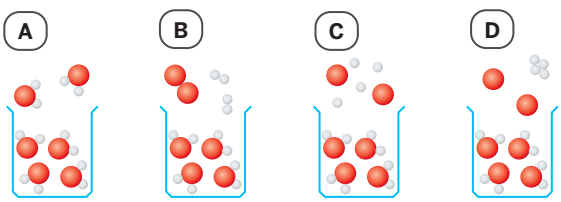
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

31. Qual dos desenhos representa, simplificadamente, o processo de vaporização da água?

31. a

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA



Esquemas em que os átomos estão representados por esferas em cores meramente ilustrativas.

32. Que ligações são rompidas na ebulição da água?

33. Que ligações são rompidas quando a gasolina evapora?

34. Gelo-seco é o nome popular do CO_2 sólido. Nas condições ambientes esse material sofre sublimação, isto é, passa diretamente da fase sólida para a fase gasosa. Nesse processo, que ligações são rompidas?

35. (EEM-SP) As substâncias, dadas pelas suas fórmulas moleculares, CH_4, H_2S e H_2O, estão em ordem crescente de suas temperaturas de ebulição. Explique por que, do ponto de vista estrutural, esses compostos estão nessa ordem.

36. (Unifor-CE) Analise as substâncias a seguir.

36. c

I. etanol (C_2H_5OH)

II. éter dimetílico (H_3COCH_3)

III. propan-1-ol (C_3H_7OH)

Considerando a existência ou não de ligações de hidrogênio ligando moléculas iguais e suas correspondentes massas moleculares é de se prever que, sob mesma pressão, as temperaturas de ebulição dessas substâncias sejam crescentes na seguinte ordem:

a. I, II e III.
b. I, III e II.
c. II, I e III.
d. II, III e I.
e. III, II e I.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Organização de lista de tópicos

Na seção *Estratégia de estudo* do Capítulo 5, sugerimos o método de fichamento de conteúdos, uma ferramenta que auxilia no aprendizado de fatos e conceitos.

Agora, vamos aprimorar aquela sugestão apresentando um método complementar, que pode ser empregado ao se estudar usando livros didáticos ou quaisquer outros materiais escritos.

Você já deve ter percebido que o ato de escrever ajuda no aprendizado e na fixação. Fazer anotações em formatos breves e bem estruturados facilita compreender e organizar ideias. Também ajuda a perceber como cada parte estudada se insere no todo. Uma forma útil de anotação é a **lista de tópicos**, que consiste em uma relação dos temas estudados, na ordem lógica em que são apresentados no texto.

Em um capítulo de livro didático, os **títulos** e os **subtítulos** têm a função de organizar o sequenciamento das ideias. Eles são uma pista importante. Registrá-los em uma página é a forma mais simples de criar uma lista de tópicos que fornece o panorama geral do assunto. Considerando como exemplo este capítulo, uma lista de tópicos está na Figura 32.

Um aprimoramento da lista de tópicos pode ser feito acrescentando, para cada título ou subtítulo, os fatos e os conceitos nele apresentados. Ao fazer esse acréscimo, utilize as técnicas que desenvolveu ao usar o método de fichamento de conteúdos (Capítulo 5). Defina os termos, apresente exemplos, crie esquemas, faça desenhos e utilize linhas, formas e cores. Tudo isso ajuda. Mas é importante lembrar que não se trata de copiar tudo o que está no livro. A meta é compreender e registrar com suas palavras e com os seus toques pessoais.

Uma estratégia para perceber quais são os conceitos subordinados a um título ou subtítulo é prestar atenção em **palavras e expressões destacadas**. O modo de fazer esse destaque varia de uma publicação para outra, mas geralmente envolve o uso de itálico, negrito, aspas, cores diferenciadas, fundos coloridos ou enquadramento em retângulos ou outras formas geométricas. As palavras e expressões selecionadas nesse processo são **palavras-chave** que representam o caminho seguido pelos autores do texto para apresentar o assunto em uma sequência lógica.

Ao elaborar uma lista de tópicos e uma relação de palavras-chave é frequente deparar com palavras desconhecidas. Nesse caso, consulte um dicionário. E lembre-se de que alguns termos específicos de uma área podem ter outro significado quando são usados na linguagem não técnica. Então, certifique-se de procurar o que as palavras significam no contexto em que elas foram usadas. Às vezes, dependendo do termo, o dicionário não é suficiente; é preciso procurar em publicações específicas da área. Nesse caso, lembre-se de consultar fontes confiáveis (reveja, no Capítulo 3, o texto *Selecionando fontes confiáveis de informação*).

Uma lista de tópicos expandida com as palavras-chave e o fichamento de conteúdos (Fig. 33) é um **panorama geral**, ou **roteiro geral**, do capítulo. Ele fornece tanto a visão do todo quanto dos detalhes percorridos no estudo. Esse panorama é útil para estudar e fazer revisões periódicas.

GEOMETRIA MOLECULAR E INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

1. Geometria molecular
   - Modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência
   - Ângulo de ligação
   - Geometria do carbono
2. Polaridade de ligações
3. Polaridade de moléculas
4. Polaridade e solubilidade
5. Interações intermoleculares
6. Efeitos de interações intermoleculares
7. Interações intermoleculares e vaporização

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 32. Exemplo de uma lista de tópicos. No caso, são os tópicos que constituem este Capítulo 6.

5. Interações intermoleculares

- ✓ Interação dipolo-dipolo:
  Atração elétrica entre os polos de cargas opostas de moléculas polares como HCl, HBr, HI e H_2S.
- ✓ Ligação de hidrogênio:
  Interação atrativa entre um átomo de H covalentemente ligado a F, O ou N e o par eletrônico não compartilhado (par não ligante) de um átomo de F, O ou N de uma molécula próxima.
- ✓ Interação dipolo instantâneo-dipolo induzido:
  Atração elétrica entre os polos de cargas opostas de um dipolo temporário e o dipolo que ele induz em outra molécula.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 33. Exemplo meramente ilustrativo de um trecho do fichamento de conteúdos presentes em um dos itens da lista de tópicos de um capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

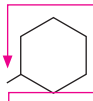
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas. O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

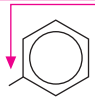
1. a

a. 

c.

e.

b.

d. 

No contexto da questão, esses traços não indicam CH_3, mas ligação do grupo ao restante da molécula.

2. (UFPI) No espaço entre as estrelas, em nossa galáxia, foram localizadas, além do H_2, pequenas moléculas, tais como H_2O, HCN, CH_2O, H_2S e NH_3. Indique a que apresenta geometria trigonal planar.

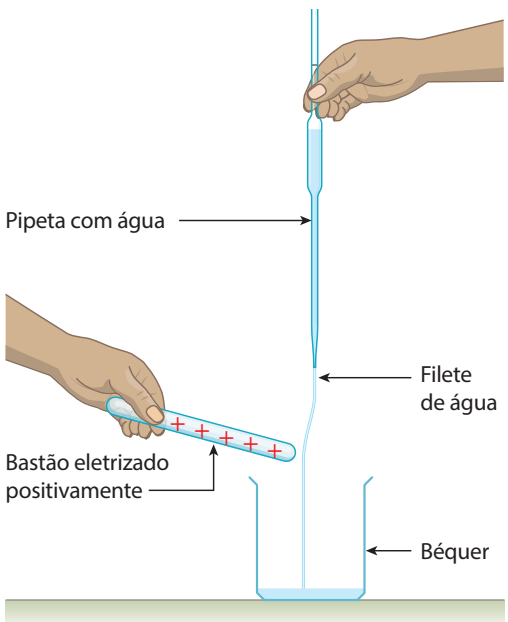
2. a

a. CH_2O **c.** H_2O **e.** NH_3

b. HCN **d.** H_2S

3. (Uerj) O experimento a seguir mostra o desvio ocorrido em um filete de água quando esta é escoada através de um tubo capilar.

3. b



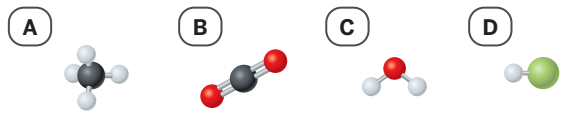
ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Considerando suas ligações interatômicas e suas forças intermoleculares, a propriedade da água que justifica a ocorrência do fenômeno consiste em:

a. ser um composto iônico.
b. possuir moléculas polares.
c. ter ligações covalentes apolares.
d. apresentar interações de van der Waals.

4. (Fuvest-SP) A figura mostra modelos de algumas moléculas com ligações covalentes entre seus átomos.

4. e



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Analise a polaridade dessas moléculas, sabendo que tal propriedade depende da:

- diferença de eletronegatividade entre os átomos que estão diretamente ligados. (Nas moléculas apresentadas, átomos de elementos diferentes têm eletronegatividades diferentes.)
- forma geométrica das moléculas.

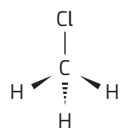
Observação: Eletronegatividade é a capacidade de um átomo para atrair os elétrons da ligação covalente.

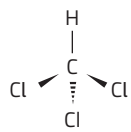
Dentre essas moléculas, pode-se afirmar que são polares apenas:

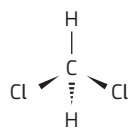
a. A e B. **c.** A, C e D. **e.** C e D.
b. A e C. **d.** B, C e D.

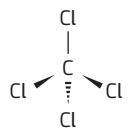
5. (Uece) Dos compostos cujas fórmulas espaciais estão representadas, apenas um é apolar. Assinale a alternativa que exibe a fórmula do referido composto.

5. d

a. 

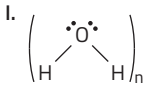
c. 

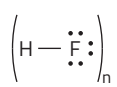
b. 

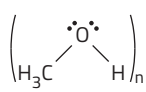
d. 

6. (Unifor-CE) Considere as espécies químicas:

6. e

I. 

II. 

III. 

Há ligações covalentes ligando átomos e ligações de hidrogênio ligando moléculas em:

a. I, somente. **d.** I e II, somente.
b. II, somente. **e.** I, II e III.
c. III, somente.

7. (PUC-MG) Indique a substância que pode formar ligação de hidrogênio entre suas moléculas.

7. c

a. $CH_3CH_2OCH_2CH_3$
b. $CH_3CH_2CH_2F$
c. $CH_3CH_2CH_2OH$
d. $CH_3CH_2N(CH_3)_2$

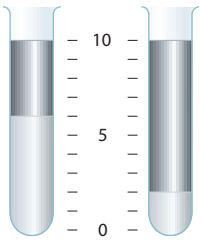
CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

8. (Unicamp-SP) As "margarinas", muito usadas como substitutos da manteiga, contêm gorduras vegetais hidrogenadas. A diferença fundamental entre uma margarina "*light*" e outra "normal" está no conteúdo de gordura e de água.

Colocou-se em um tubo de ensaio uma certa quantidade de margarina "normal" e, num outro tubo de ensaio, idêntico ao primeiro, colocou-se a mesma quantidade de margarina "*light*".

Aqueceram-se em banho-maria os dois tubos contendo as margarinas até que aparecessem duas fases, como esquematizado na figura.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

a. Reproduza, no caderno, a figura do tubo correspondente à margarina "*light*", identificando as fases lipídica e aquosa.

b. Admitindo que as duas margarinas tenham o mesmo preço e considerando que este preço diz respeito, apenas, ao teor da gordura de cada uma, em qual delas a gordura custa mais e quantas vezes (multiplicação) este preço é maior do que na outra?

9. (UFRGS-RS) A intensificação das interações intermoleculares ocorre quando:

9. b

a. a água entra em ebulição.

b. o vapor de água sofre condensação.

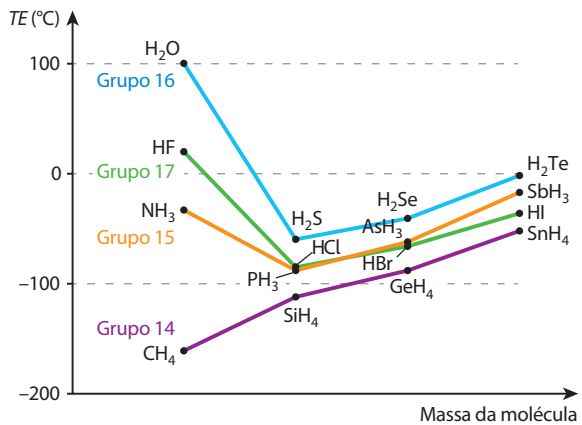
c. a água, a altas temperaturas, decompõe-se em oxigênio e hidrogênio.

d. o vapor de água é aquecido.

e. o gelo sofre fusão.

10. Analise o gráfico para responder às perguntas.

Temperatura de ebulição (*TE*), a 1 atm, em função da massa da molécula para alguns compostos



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

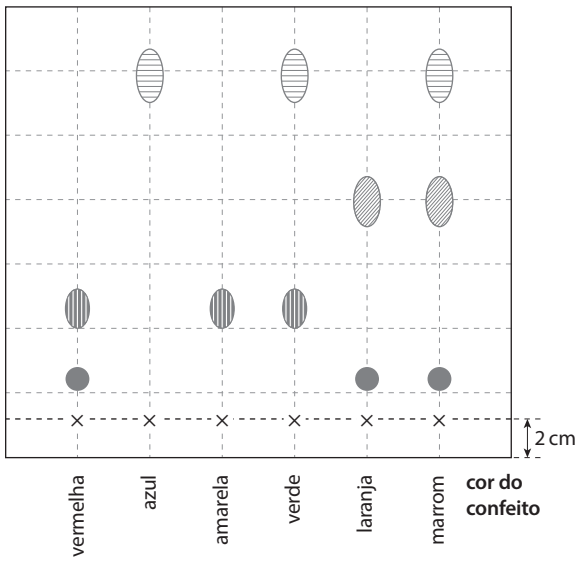
Fonte: BURDGE, J.; OVERBY, J. **Chemistry**: atoms first. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. *E-book*.

a. Por que as temperaturas de ebulição de H_2O, HF e NH_3 destoam do comportamento das outras substâncias formadas por elementos do mesmo grupo de O, F e N?

b. Por que não acontece o mesmo com o CH_4?

11. (Fuvest-SP) Os confeitos de chocolate de determinada marca são apresentados em seis cores. Com eles, foi feito o seguinte experimento, destinado a separar os corantes utilizados em sua fabricação: confeitos de cada uma das seis diferentes cores foram umedecidos com água e pressionados contra uma folha de papel especial, de modo a deixar amostras dos corantes em pontos igualmente espaçados, sempre a 2 cm da base da folha. A seguir, a folha foi colocada em um recipiente com água, de forma a mergulhar somente a base da folha de papel na água, sem que o líquido tocasse os pontos coloridos. Após algum tempo, quando a água havia atingido o topo da folha, observou-se a formação de manchas de diferentes cores, aqui simbolizadas por diferentes formas e tamanhos:

11. d



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

× indica o ponto de aplicação de cada amostra.

Os confeitos em cuja fabricação é empregado um corante amarelo são os de cor:

a. vermelha, amarela e marrom.

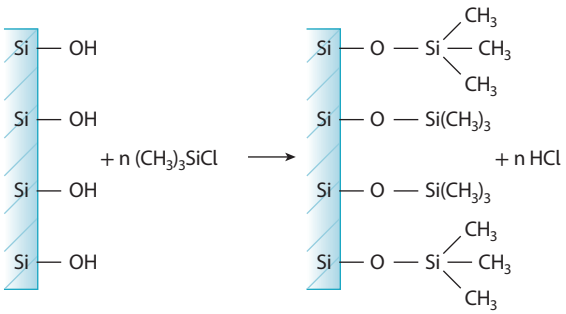
b. amarela, verde e laranja.

c. verde, azul e marrom.

d. vermelha, amarela e verde.

e. vermelha, laranja e marrom.

12. (UFG-GO) Superfícies de vidro podem ser modificadas pelo tratamento com clorotrimetilsilano, como representado a seguir:



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Em qual superfície, se utilizada como janela, a água escoaria mais rapidamente? Justifique.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 7

Compostos inorgânicos

OBJETO DIGITAL
Infográfico clicável: Pigmentos na arte rupestre

PIYA SUKCHIT/SHUTTERSTOCK

PIYA SUKCHIT/SHUTTERSTOCK

A cultura hidropônica é realizada sem solo. Nessa técnica, as raízes das plantas absorvem uma solução aquosa nutritiva que flui por tubos.

A água é uma substância inorgânica que, no estado de agregação líquido, está presente em todos os seres vivos. Entre outras funções relevantes, esse líquido dissolve substâncias relacionadas ao funcionamento saudável de diferentes organismos. Quando dizemos que uma substância está dissolvida em outra, estamos afirmando que elas formam uma mistura com uma única fase, denominada mistura homogênea ou solução. Se a substância estiver dissolvida em água, dizemos que se trata de uma **solução aquosa**.

Na natureza, por exemplo, a dissolução de substâncias na água é importante para fornecer nutrientes a alguns tipos de plantas aquáticas, cujas raízes são encontradas na água. Na agricultura, essa capacidade da água é fundamental para todos os modos de plantio, inclusive para a cultura hidropônica, forma de cultivo realizada sem solo. Nessa cultura, as plantas são posicionadas em tubos, com as raízes voltadas para o interior deles, por onde flui, periodicamente, uma solução aquosa contendo íons para a nutrição vegetal, entre eles nitrato $\left(NO_3^-\right)$, fosfato $\left(PO_4^{3-}\right)$, potássio (K^+), magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e sulfato $\left(SO_4^{2-}\right)$.

Várias são as vantagens da cultura hidropônica em relação à que utiliza o solo. Como ela está associada a um sistema de cultivo em ambiente protegido, a água fornecida às plantas na forma de solução nutritiva pode ser reutilizada várias vezes, evitando desperdício. Esse ambiente protegido permite redução ou eliminação do uso de agrotóxicos, em função da barreira física que impede a entrada de pragas. A produção fora de época é outra vantagem desse tipo de cultura, pois o controle de parâmetros sazonais, como luminosidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes, permite que os cultivos ocorram em diferentes períodos ao longo do ano.

Neste capítulo, estudaremos que soluções aquosas com íons livres em sua composição, como a solução nutritiva da cultura hidropônica, denominadas soluções eletrolíticas, podem ter características diferenciadas que dependem das substâncias que nelas foram dissolvidas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Indicadores ácido-base

Objetivo

Testar alguns materiais empregando tornassol e fenolftaleína.

Material para cada grupo

- solução alcoólica de fenolftaleína em frasco conta-gotas
- papel de tornassol vermelho
- papel de tornassol azul
- vinagre (incolor ou de cor clara)
- suco de limão (**CUIDADO**: não se exponha ao sol após eventual contato com a fruta, pois seu sumo acarreta manchas na pele; se houver contato, lave bem a pele com água e sabão.)
- refrigerante (incolor ou de cor clara)
- pedaço de sabão em barra (cerca de 2 cm × 2 cm × 1 cm)
- uma colher (de café) de cinza vegetal (**NÃO** toque nela nem a deixe encostar em nenhuma parte de seu corpo. As cinzas têm efeito corrosivo sobre a pele e os olhos.)
- pasta de dente (quantidade igual à que usaria na escova)
- água destilada
- 6 vidros de relógio (se não houver, substitua-os por pires)
- 4 conta-gotas limpos

Procedimento

1. Disponham os vidros de relógio (ou os pires) sobre a bancada ou mesa. Em três deles, coloquem, separadamente, 2 mL (isto é, 40 gotas) de: vinagre, suco de limão e refrigerante. Usem um conta-gotas diferente para cada líquido.
2. Nos outros três, coloquem o sabão, a cinza e a pasta de dente. Adicionem 10 gotas de água destilada (com conta-gotas limpo) sobre o sabão, 20 gotas sobre a cinza e 10 gotas sobre a pasta de dente.
3. Usem tirinhas de papel de tornassol azul para testar cada material (uma tirinha para cada um). O teste é realizado encostando cerca de 1 cm da ponta da tirinha no material por cerca de 2 segundos e observando se a cor dela se altera ou não para avermelhado. Anotem os resultados.
4. Repitam o teste com papel de tornassol vermelho. Usem uma tirinha para cada material. Nesse caso, observem se a cor da tirinha se altera ou não para azul. Anotem os resultados.
5. Adicionem 5 gotas de solução de fenolftaleína sobre cada material e observem se há alteração do aspecto incolor dela em cada caso. Anotem os resultados.
6. As tirinhas usadas de papel de tornassol devem ser descartadas no lixo comum. Os demais materiais devem ser lavados na pia.

Conclusões

Criem um critério para classificar os materiais testados em grupos, de acordo com os resultados. Um representante de cada equipe deve expor à sala o critério e a classificação que o grupo criou. Após o debate, realizado com a mediação do professor, a turma chega a um consenso sobre essa classificação? (Refaçam os testes, se necessário.) A seguir, elaborem um relatório dessa atividade prática. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática* e *artigo científico*.)

Caso não se tenha acesso aos indicadores ácido-base mencionados, eles podem ser substituídos por extrato de repolho roxo. O item 2 deste capítulo explica como obtê-lo e quais cores apresenta em diferentes meios.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Dissociação iônica e ionização

O cloreto de sódio, NaCl, é um composto constituído de íons (composto iônico), sólido nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm). Os íons presentes nessa substância constituem um arranjo organizado, o retículo cristalino iônico (Fig. 1).

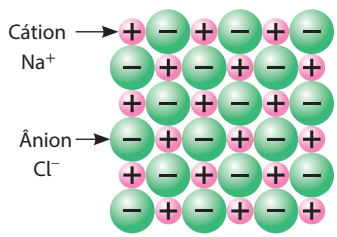


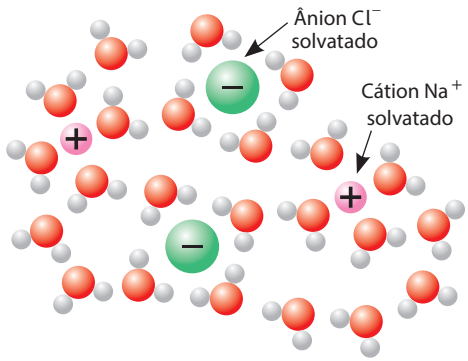
ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 365.

Figura 1. Representação de NaCl sólido. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Quando o cloreto de sódio é dissolvido em água, os íons são separados devido às atrações eletrostáticas entre eles e as moléculas de água (comentadas logo a seguir), desfazendo-se o retículo cristalino iônico. Tanto os cátions (íons positivos) como os ânions (íons negativos) passam a estar rodeados de moléculas de água (Fig. 2) e, nessa situação, dizemos que tais íons estão **solvatados**.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 482.

Figura 2. Representações de íons Na^+ e Cl^- em uma solução aquosa de NaCl. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A separação dos íons de uma substância iônica que acontece quando ela se dissolve em água é chamada **dissociação iônica** e pode ser representada por uma equação química. No caso do NaCl, a equação química é:

$$NaCl\,(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

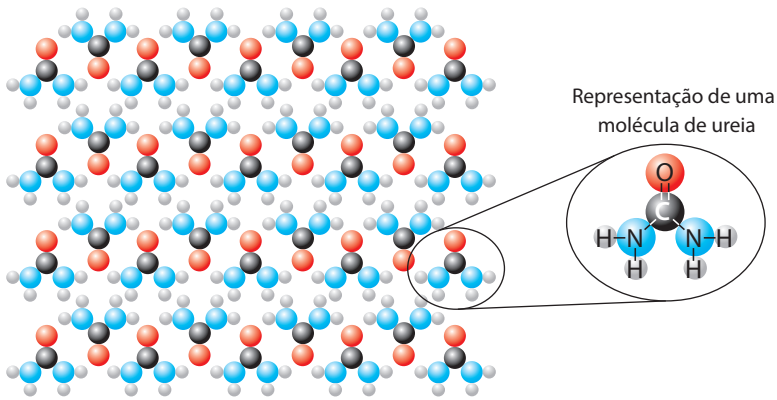
Essa equação pode ser interpretada como: cloreto de sódio sólido, ao se dissolver em água, dissocia-se em cátions Na^+ aquosos e ânions Cl^- aquosos.

A molécula de água apresenta um dipolo elétrico (Capítulo 6). Assim, o oxigênio, que contém a carga parcial negativa nessa molécula, atrai os cátions do sal. Já o hidrogênio, que contém a carga parcial positiva, atrai os ânions. As atrações eletrostáticas entre os íons e os polos das moléculas de água com carga de sinal oposta à deles, denominadas **interações** (ou **forças**) **íon-dipolo**, são um dos fatores responsáveis pela dissociação iônica. Essas interações também acarretam o arranjo das moléculas de água ao redor de cada íon solvatado pela água (Fig. 2).

Um material pode conduzir corrente elétrica desde que apresente partículas eletricamente carregadas e dotadas de mobilidade. A solução aquosa de NaCl possui íons livres, $Na^+\,(aq)$ e $Cl^-\,(aq)$, e isso explica o fato experimental de ela conduzir corrente elétrica. Misturas homogêneas condutoras de corrente são chamadas de **soluções eletrolíticas**.

A ureia, CH_4N_2O ou $(NH_2)_2CO$, é uma substância molecular, sólida a 25 °C e 1 atm, bastante solúvel em água. Quando a ureia está sólida, suas moléculas estão organizadas em um retículo cristalino molecular (Fig. 3) com ligações de hidrogênio entre o átomo de oxigênio de uma molécula e o átomo de hidrogênio que esteja ligado ao nitrogênio em outra molécula.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



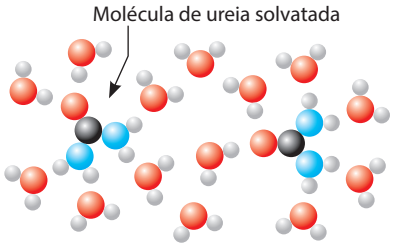
Fonte: JOHNSTON, K. *et al*. Assessment of GAFF and OPLS Force Fields for Urea: Crystal and Aqueous Solution Properties. **Cryst. Growth Des**. v. 24, n. 1, 2024. p. 143-158.

Figura 3. Representação da ureia sólida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Quando a ureia é dissolvida em água, suas moléculas são separadas (em razão das intensas interações intermoleculares estabelecidas com as moléculas de água) e solvatadas (Fig. 4). A solvatação se deve às **ligações de hidrogênio** estabelecidas entre ureia e água, particularmente entre os átomos de hidrogênio (H) da água e o átomo de oxigênio (O) da ureia e entre os átomos de H da ureia e o átomo de O da água. Observe a esquematização (Fig. 4) que representa a disposição das moléculas de água ao redor de cada molécula solvatada.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: PATRICK, G. **An Introduction to Medicinal Chemistry**. 7. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023. *E-book*.

Figura 4. Representação da ureia em solução aquosa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A dissolução da ureia em água é representada pela equação química a seguir.

$$CH_4N_2O\,(s) \xrightarrow{H_2O} CH_4N_2O\,(aq)$$

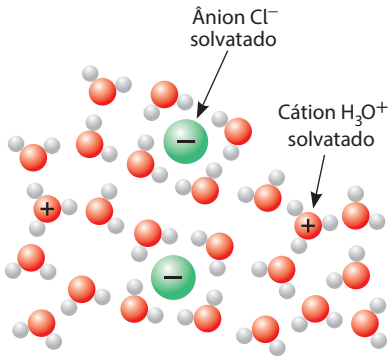
Nesse caso, **não** há íons em solução, e isso explica por que a mistura homogênea de ureia e água (solução aquosa de ureia) **não** conduz corrente elétrica.

A substância cloreto de hidrogênio, HCl, gasosa a 25 °C e 1 atm, por sua vez, é molecular, bastante solúvel em água e reage com ela produzindo íons, que são solvatados pela água (Fig. 5). A equação química desse processo é:

$$HCl\,(g) + H_2O\,(l) \longrightarrow H_3O^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

Veja nota ao professor (na cor magenta) sobre o nome **oxônio** no item 3 deste capítulo.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



Fonte: KOTZ, J. *et al.* **Chemistry & chemical reactivity**. 11. ed. Boston: Cengage, 2023. p. 164.

Figura 5. Representação de íons H_3O^+ e Cl^- em uma solução aquosa de HCl. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Esse fenômeno recebe o nome de **ionização**, pois envolve a formação de íons. Também pode ser chamado de **dissociação** (mas, nesse caso, **sem** o adjetivo **iônica**). A ligação covalente H — Cl é rompida e o par de elétrons anteriormente compartilhado permanece agora com o átomo de cloro, mais eletronegativo, que se transforma em ânion Cl^-. O hidrogênio transforma-se em cátion H^+ e liga-se a uma molécula de água, formando o cátion H_3O^+. A solução aquosa contém íons e é condutora de corrente elétrica. É comum os químicos representarem, resumidamente, a ionização do HCl com a equação química a seguir.

$$HCl\,(g) \xrightarrow{H_2O} H^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$

É importante ter em mente que o **H^+ (aq) não tem existência individual, mas liga-se à água**, constituindo cátion denominado **oxônio, H_3O^+ (aq)**.

Dialogando com o texto

No Capítulo 1, abordamos alguns aspectos fundamentais do modo como a atividade científica é realizada. Antes de prosseguir com o estudo deste capítulo, é conveniente que você releia, daquele Capítulo 1, os itens 2 e 3 e o texto *Os saberes científicos são provisórios e têm uma história*, que está em uma das seções *Em destaque*.

Também recomendamos que você recorde o conceito de modelo científico, apresentado logo na abertura do Capítulo 3.

Essa recapitulação é importante para que você tenha em mente que representações como as das Figuras 1 a 5 deste capítulo são descrições de **alguns** aspectos relevantes para a **interpretação** de fenômenos naturais.

Modelos científicos, por serem interpretações humanas da realidade, **não são a realidade em si**. Eles ressaltam esquematicamente aspectos de interesse para determinada discussão, por exemplo, aquela aqui apresentada a respeito de dissociação iônica e ionização.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. As interações íon-dipolo têm papel relevante na formação de uma solução aquosa do composto iônico brometo de potássio (KBr). Esclareça esse papel e represente, esquematicamente, a disposição das moléculas que solvatam cada íon.

2. Um dos fatores responsáveis pela solubilização da ureia em água são as diversas ligações estabelecidas entre suas moléculas e as de água. Explique que ligações são essas e represente-as, empregando fórmulas estruturais das moléculas envolvidas.

3. Em uma solução aquosa de brometo de hidrogênio (HBr), as interações entre ânions Br^- e as moléculas que o solvatam são de tipo diferente das que ocorrem entre cátions H_3O^+ e as moléculas que o solvatam. Elaborando esquemas representativos apropriados, explique essa diferença.

4. Durante uma pesquisa, um grupo de estudantes verificou que os processos que ocorrem quando etanol líquido (I), glicose sólida (II), ácido acético líquido (III), amônia gasosa (IV) e brometo de potássio sólido (V) se dissolvem em água são assim equacionados:

I. $C_2H_5OH\,(l) \rightarrow C_2H_5OH\,(aq)$

II. $C_6H_{12}O_6\,(s) \rightarrow C_6H_{12}O_6\,(aq)$

III. $CH_3COOH\,(l) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + CH_3COO^-\,(aq)$

IV. $NH_3\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow NH_4^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$

V. $KBr\,(s) \rightarrow K^+\,(aq) + Br^-\,(aq)$

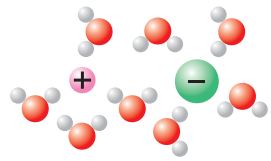
a. Esclareça quais das soluções aquosas obtidas podem ser consideradas eletrolíticas e justifique.

b. Algum dos processos é dissociação iônica? E ionização? Sustente com argumentação adequada.

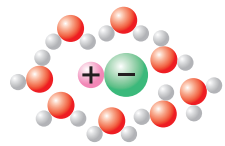
5. (Fuvest-SP) Entre as figuras a seguir, a que melhor representa a distribuição das partículas de soluto e de solvente, numa solução aquosa diluída de cloreto de sódio, é:

5. c

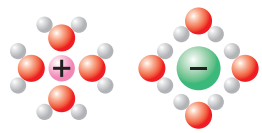
a.



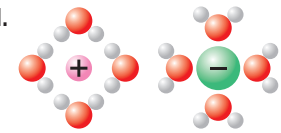
b.



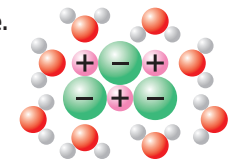
c.

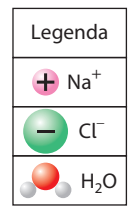


d.



e.





ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Algumas propriedades de ácidos e bases

Há mais de duzentos anos, os químicos já haviam percebido que existem alguns materiais que compartilham as seguintes propriedades: corroem mármore, ferro e zinco, avermelham suco de uva ou de amora quando misturados com eles e, em contato com a pele, podem provocar dor intensa e lesões graves. Esses materiais foram genericamente denominados **ácidos** (palavra que vem do latim, com o significado original de "desagradável", "azedo").

Esses estudiosos também haviam constatado que alguns materiais têm as seguintes características em comum: azulam suco de uva ou amora e deixam a pele escorregadia (com sensação tátil semelhante à da pele ensaboada), provocando dor intensa e lesões sérias. Esses materiais foram denominados **bases**.

As lesões na pele acontecem porque ácidos e bases podem reagir com substâncias nela existentes e, ao destruí-las, acarretar ferimentos que, dependendo do caso, podem ser muito graves e até levar a pessoa atingida à morte.

Embora a maioria das substâncias químicas não se encaixe em nenhum desses dois grupos, ácidos ou bases, há diversos outros **reagentes químicos** (as substâncias químicas empregadas em laboratórios e indústrias) que também podem oferecer riscos se inalados, ingeridos ou se entrarem em contato com pele e olhos. Por isso, **você nunca deve manipular um reagente químico sem autorização e supervisão do professor e sem conhecer as características desse reagente, que riscos oferece, que procedimentos devem ser adotados para sua manipulação e seu descarte e que medidas devem ser tomadas em caso de acidente**.

No caso de um material ser ácido ou básico, isso pode ser constatado com a utilização de um **indicador ácido-base** apropriado, substância que apresenta determinada coloração quando em contato com um material ácido e outra quando em contato com um material básico. O suco de uva e o suco de amora são exemplos de indicadores ácido-base. A fenolftaleína e o tornassol são indicadores ácido-base frequentemente usados em laboratório.

- A **fenolftaleína** forma solução incolor em meio ácido e rósea/vermelha em meio básico.
- O **tornassol** é vermelho em meio ácido e azul em meio básico.

A fenolftaleína é usada em solução (geralmente feita dissolvendo-a em álcool etílico). Algumas gotas podem ser adicionadas a um tubo de ensaio com solução aquosa do que se deseja testar (Fig. 6).

O papel de tornassol é comercializado, geralmente em lojas de produtos químicos, em duas versões: o azul e o vermelho (Fig. 7). Ambos consistem em tirinhas de papel contendo esse indicador.

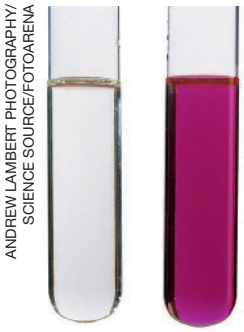

ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 6. A solução com fenolftaleína permanece incolor em meio ácido e adquire coloração rósea/avermelhada em meio básico.

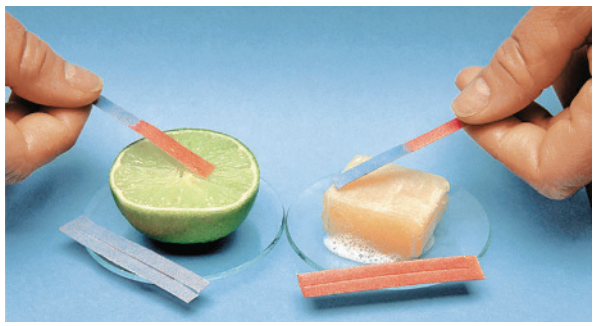

EDUARDO SANTALIESTRA/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 7. Materiais ácidos (como suco de limão) avermelham o papel de tornassol azul (à esquerda), e materiais básicos (como sabão em barra umedecido) azulam o papel de tornassol vermelho (à direita).

O papel de tornassol azul foi submetido, durante sua fabricação, ao contato com uma base, ficando azulado. Em laboratório, esse papel é usado para testar se certo material é ácido, pois ácidos fazem sua cor mudar para vermelho.

O papel de tornassol vermelho, diferentemente do azul, tomou contato, ao ser industrializado, com um ácido e ficou avermelhado. É útil, portanto, para indicar se determinado material é básico, pois, nesse caso, sua cor se altera para azul.

Existem diversos indicadores ácido-base naturais. Além dos sucos de uva e amora, já citados, e do tornassol, que é extraído de um líquen, é interessante mencionar mais dois exemplos. Um deles é a solução obtida quando folhas picadas de repolho roxo são mantidas por cerca de 5 minutos em água em ebulição. Após deixar esfriar e coar para remover as folhas, a solução, denominada **extrato de repolho roxo** (Fig. 8), atua como indicador ácido-base, adquirindo cor vermelha ou rósea em meio ácido, verde ou amarela em meio básico e permanecendo roxa em meio neutro (isto é, um meio que não é ácido nem básico). Outro caso é o das pétalas da flor hortênsia, que também contêm um indicador ácido-base natural (Fig. 9); a cor das pétalas varia dependendo da acidez ou da alcalinidade das pétalas.

ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 8. O extrato de repolho roxo atua como indicador ácido-base. Em meio ácido é vermelho/róseo e em meio básico é verde/amarelo.

LILIGRAPHIE/SHUTTERSTOCK

Figura 9. Hortênsias têm indicadores ácido-base naturais nas pétalas, que adquirem tons de vermelho a azul dependendo de fatores (solo, adubação etc.) que afetam a acidez ou a basicidade das pétalas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Ácidos

O químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) realizou experimentos sobre diversos temas, entre eles a condutividade elétrica de soluções. Formulou a hipótese de que soluções eletrolíticas contêm íons dissolvidos, provenientes da ionização ou dissociação iônica da substância dissolvida em água. Esses íons, dotados de mobilidade, são responsáveis pela condutividade elétrica da solução. Fundamentado em suas investigações, propôs que **ácido** é um composto que, dissolvido em água, **origina H^+ como único cátion**. Assim, para Arrhenius, as propriedades coletivas dos ácidos se devem ao íon H^+ liberado quando se dissolvem em água, já que o ânion varia de ácido para ácido. Consideremos a ionização em água do HCl (em meio aquoso, esse composto é um ácido denominado clorídrico, ou muriático):

$$HCl(g) \xrightarrow{H_2O} H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Como já comentamos, essa representação é simplificada. O íon **H^+ (aq) não tem existência individual**, ligando-se a uma molécula de água e **constituindo H_3O^+ (aq)**, denominado **oxônio**. Então, podemos pensar na definição de Arrhenius assim: **ácido** é um composto que, dissolvido em água, **origina H_3O^+ como único cátion**. No caso da ionização do HCl em água, temos:

$$HCl(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

De modo análogo, diversas outras substâncias se ionizam em água liberando H^+ e, consequentemente, produzindo H_3O^+ (aq). Outros exemplos de ácidos e suas equações de ionização são:

$$HBr(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$$
$$HNO_3(l) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + NO_3^-(aq)$$
$$H_2SO_4(l) + 2\,H_2O(l) \longrightarrow 2\,H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

É comum utilizar a expressão **hidrogênios ionizáveis** para designar os átomos de hidrogênio com a potencialidade de originarem cátion H_3O^+ quando ácidos são dissolvidos em água. A ionização de um ácido com mais de um hidrogênio ionizável ocorre em etapas, levando à formação de mais de um tipo de ânion na solução ácida. No caso do ácido sulfúrico, por exemplo, a ionização primeiro forma o ânion HSO_4^-, que, ao se ionizar, gera o ânion SO_4^{2-}:

$$H_2SO_4(l) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + HSO_4^-(aq)$$
$$HSO_4^-(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

O Quadro 1 relaciona fórmulas moleculares e nomes de alguns ácidos de Arrhenius, isto é, compostos que são classificados como ácidos de acordo com a definição feita por ele. Analisando o quadro, note que ácidos não oxigenados têm nomes que terminam em **ídrico**, e ácidos oxigenados têm nomes terminados em **ico** ou **oso**. Alguns contêm os prefixos **per** ou **hipo**. Esses nomes remontam a uma época anterior ao conhecimento das fórmulas com exatidão e são empregados até hoje. Representam esforços de químicos que elaboraram uma nomenclatura para possibilitar a denominação desses compostos sem haver ambiguidade. Existem diversos outros ácidos, além dos mostrados no Quadro 1, e é importante que você se habitue a pesquisar nomes e fórmulas sempre que precisar, inclusive durante a realização de atividades.

Os ácidos, em geral, têm muitas aplicações importantes em indústrias e laboratórios. Eles devem ser manipulados apenas por **profissionais treinados**, utilizando **equipamentos de proteção individual** e seguindo rigorosamente **normas de segurança**.

Todos os ácidos são tóxicos aos seres humanos a partir de concentrações específicas. No entanto, alguns deles, em **concentrações baixas**, são encontrados em alimentos como iogurtes, molhos de tomate, vinagres e certas frutas, e podem ser ingeridos por pessoas saudáveis. Ao degustá-los, o sabor azedo é uma percepção sensorial da presença de íons H_3O^+ (aq) na língua.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Dialogando com o texto

Interpretar equações químicas é muito importante para o entendimento de Ciências da Natureza. Lembre-se sempre de que, nelas, a representação:

(s) indica sólido;
(l) indica líquido;
(g) indica gasoso;
(aq) indica aquoso.

Expresse, em palavras, as equações químicas apresentadas no item 3.

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) recomenda a denominação **oxônio** para o H3O+ (cf IUPAC Golden Book, disponível em: https://goldbook.iupac.org/, acesso em: 16 out. 2024). Anteriormente, esse íon recebeu as denominações hidrônio e hidroxônio.

Quadro 1. Fórmulas e nomes de alguns ácidos de Arrhenius relevantes

Ácidos não oxigenados (sem oxigênio)	
HF	ácido fluorídrico
HCl	ácido clorídrico
HBr	ácido bromídrico
HI	ácido iodídrico
H_2S	ácido sulfídrico (do latim *sulphur*, "enxofre")
HCN	ácido cianídrico (palavra do grego que significa "azul"; o ácido é incolor, mas um importante derivado seu é um composto denominado azul da Prússia)
Ácidos oxigenados (com oxigênio)	
HNO_3	ácido nítrico
HNO_2	ácido nitroso
$HClO_4$	ácido perclórico
$HClO_3$	ácido clórico
$HClO_2$	ácido cloroso
HClO	ácido hipocloroso
H_2SO_4	ácido sulfúrico
H_2SO_3	ácido sulfuroso
H_3PO_4	ácido fosfórico

Fonte: elaborado pelos autores.

Os hidrogênios ionizáveis estão destacados em vermelho.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

6. Explique por que as substâncias de fórmula HCl e HNO_3 são consideradas ácidos de Arrhenius. Utilize equações químicas adequadas como parte de sua resposta.

7. (PUC-MG) A tabela apresenta algumas características e aplicações de alguns ácidos.

7. a

Nome do ácido	Aplicações e características
Ácido clorídrico	Limpeza [...] de peças metálicas (decapagem)
Ácido fosfórico	Usado como acidulante em refrigerantes, balas e goma de mascar
Ácido sulfúrico	Desidratante, solução de bateria
Ácido nítrico	Indústria de explosivos e corantes

As fórmulas dos ácidos da tabela são, respectivamente:

a. HCl, H_3PO_4, H_2SO_4, HNO_3.
b. HClO, H_3PO_3, H_2SO_4, HNO_2.
c. HCl, H_3PO_3, H_2SO_4, HNO_3.
d. $HClO_2$, $H_4P_2O_7$, H_2SO_3, HNO_2.
e. HClO, H_3PO_4, H_2SO_3, HNO_3.

8. (Univali-SC) A chuva ácida é um fenômeno químico resultante do contato entre o vapor de água existente no ar, o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio. O enxofre é liberado, principalmente, por indústrias de veículos e usinas termoelétricas movidas a carvão e a óleo; os óxidos de nitrogênio, por automóveis e fertilizantes.

8. e

Ambos reagem com o vapor de água, originando, respectivamente, os ácidos sulfuroso, sulfídrico e sulfúrico, e o ácido nítrico. Esses elementos se precipitam, então, na forma de chuva, neve, orvalho ou geada, na chamada chuva ácida.

Dentre os efeitos da chuva ácida, estão a corrosão de equipamentos e a degradação das plantas, solos e lagos. O contato com os ácidos é prejudicial, podendo causar, por exemplo, doenças respiratórias.

As fórmulas dos ácidos citados no texto, respectivamente, são:

a. H_2S, H_2SO_4, H_2SO_3, HNO_3.
b. H_2SO_3, H_2SO_4, H_2S, HNO_2.
c. HSO_4, HS, H_2SO_4, HNO_3.
d. HNO_3, H_2SO_4, H_2S, H_2SO_3.
e. H_2SO_3, H_2S, H_2SO_4, HNO_3.

9. (Unicamp-SP) Água pura é um mau condutor de corrente elétrica. O ácido sulfúrico puro (H_2SO_4) também é mau condutor. Explique o fato de uma solução diluída de ácido sulfúrico, em água, ser boa condutora de corrente elétrica.

4. Bases

O hidróxido de sódio, NaOH, é um composto sólido nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm), constituído de íons Na^+ e OH^- na proporção 1:1, organizados em um retículo cristalino. Quando esse composto se dissolve em água, ocorre dissociação iônica, representada por:

$$NaOH(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + OH^-(aq)$$

O íon OH^- é denominado **hidróxido**. A equação química apresentada pode, então, ser lida assim: hidróxido de sódio sólido dissocia-se em água liberando cátions sódio aquosos e ânions hidróxido aquosos.

Arrhenius propôs a definição: **base** é um composto que, **dissolvido em água, origina OH^- como único ânion**. Segundo ele, as propriedades coletivas das bases devem-se aos íons hidróxido, já que o cátion liberado pode variar de uma base para outra.

O hidróxido de sódio NaOH é uma base de Arrhenius. Outros exemplos são o hidróxido de potássio (KOH), o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) e o hidróxido de bário ($Ba(OH)_2$), cujas equações de dissociação iônica em água são:

$$KOH(s) \xrightarrow{H_2O} K^+(aq) + OH^-(aq)$$
$$Ca(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$
$$Ba(OH)_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O Quadro 2 lista cátions metálicos relevantes para nosso estudo. Também relaciona as bases, ou **hidróxidos**, que apresentam esses cátions na sua constituição. (Existem muitos outros cátions metálicos e, sempre que necessário, você deve buscá-los em fontes confiáveis de informação.)

As bases formadas por átomos de metais alcalinos (grupo 1) são bastante solúveis em água. As formadas por metais alcalinoterrosos (grupo 2), com exceção do hidróxido de berílio ($Be(OH)_2$) e do hidróxido de magnésio ($Mg(OH)_2$), embora não sejam tão solúveis como as de metais alcalinos, apresentam razoável solubilidade em água. O hidróxido de berílio, o hidróxido de magnésio e os hidróxidos de metais que não sejam dos grupos 1 e 2 apresentam reduzida solubilidade em água. Independentemente do grau de solubilidade, todas elas dissociam-se ionicamente em água, liberando $OH^-(aq)$, o que caracteriza esses hidróxidos como bases de Arrhenius.

Uma solução de base em água é **básica** ou **alcalina**. A palavra "alcalino" vem de uma expressão árabe usada para designar as cinzas e faz alusão ao fato de que as cinzas, em contato com água, produzem bases de efeito extremamente corrosivo sobre pele e olhos (Fig. 10). Os íons $OH^-(aq)$, responsáveis pela alcalinidade das soluções aquosas de bases de Arrhenius, têm ação corrosiva sobre as proteínas e os lipídios das membranas celulares (que são lipoproteicas), danificando as células.

EDUARDO SANTALIESTRA/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 10. Cinzas adicionadas à água contendo fenolftaleína. A solução é avermelhada, evidenciando meio básico. Cinzas reagem com água, formando KOH e, em menor quantidade, NaOH. **Cinzas têm caráter básico e NÃO devem entrar em contato com pele e olhos.**

As bases têm diversas aplicações relevantes em laboratórios e indústrias. Sua manipulação deve, de modo geral, ser feita por **profissionais capacitados**, com **equipamentos de proteção individual** e obedecendo a **normas de segurança**. Mesmo os hidróxidos pouco solúveis em água podem oferecer risco, pois muitos cátions metálicos, especialmente os de metais pesados, são nocivos à saúde se ingeridos ou se entrarem em contato com pele e olhos.

Entre os hidróxidos de maior importância estão o hidróxido de sódio (NaOH), conhecido como soda cáustica, empregado na fabricação de papel e sabão, e o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), também denominado cal hidratada ou cal extinta, utilizado para preparar argamassa, para fazer pintura de paredes (caiação) e para reduzir a acidez do solo antes do plantio (calagem).

A ferrugem, que é o produto da corrosão de objetos de ferro expostos ao gás oxigênio e à água, consiste de uma mistura de $Fe(OH)_2$ e $Fe(OH)_3$.

A **amônia**, NH_3, é uma substância molecular solúvel em água, gasosa nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm), de cheiro forte e irritante, cuja inalação, ingestão ou contato com pele e olhos é extremamente perigosa. Ela **não é uma base de acordo com a definição de Arrhenius**, pois **não** apresenta íons hidróxido em sua composição para que possa liberá-los em meio aquoso. Contudo, a amônia reage com água resultando em solução alcalina. A reação, denominada **ionização da amônia,** pode ser assim equacionada:

$$NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

O cátion NH_4^+, produzido nesse processo, é denominado **amônio**.

Quadro 2. Alguns cátions metálicos e seus respectivos hidróxidos

Cátion	Hidróxido
Metais alcalinos (grupo 1)	
Li^+ lítio	LiOH hidróxido de lítio
Na^+ sódio	NaOH hidróxido de sódio
K^+ potássio	KOH hidróxido de potássio
Metais alcalinoterrosos (grupo 2)	
Mg^{2+} magnésio	$Mg(OH)_2$ hidróxido de magnésio
Ca^{2+} cálcio	$Ca(OH)_2$ hidróxido de cálcio
Ba^{2+} bário	$Ba(OH)_2$ hidróxido de bário
Grupo 13	
Al^{3+} alumínio	$Al(OH)_3$ hidróxido de alumínio
Metais de transição	
Ag^+ prata	AgOH hidróxido de prata
Zn^{2+} zinco	$Zn(OH)_2$ hidróxido de zinco
Fe^{2+} ferro(II) ou ferroso	$Fe(OH)_2$ hidróxido de ferro(II) ou hidróxido ferroso
Fe^{3+} ferro(III) ou férrico	$Fe(OH)_3$ hidróxido de ferro(III) ou hidróxido férrico
Cu^+ cobre(I) ou cuproso	CuOH hidróxido de cobre(I) ou hidróxido cuproso
Cu^{2+} cobre(II) ou cúprico	$Cu(OH)_2$ hidróxido de cobre(II) ou hidróxido cúprico

Fonte: elaborado pelos autores.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. A escala de *pH*

A água líquida pura é considerada um **meio aquoso neutro**. Quando dissolvemos um ácido nela, isso produz uma **solução ácida**, ou **meio ácido**. E quando dissolvemos uma base na água, isso produz uma **solução básica** (**solução alcalina**), ou **meio básico** (**meio alcalino**).

Para expressar a acidez ou a alcalinidade de uma solução, emprega-se a escala de *pH* (grandeza adimensional). Quanto **menor** o *pH*, **maior a acidez** de uma solução (ou, equivalentemente, menor sua alcalinidade). Quanto **maior** o *pH*, **maior a basicidade** (**alcalinidade**) de uma solução (ou, equivalentemente, menor sua acidez). Na temperatura de 25 °C:

- uma solução neutra tem $pH = 7$.
- uma solução ácida tem $pH < 7$.
- uma solução básica (alcalina) tem $pH > 7$.

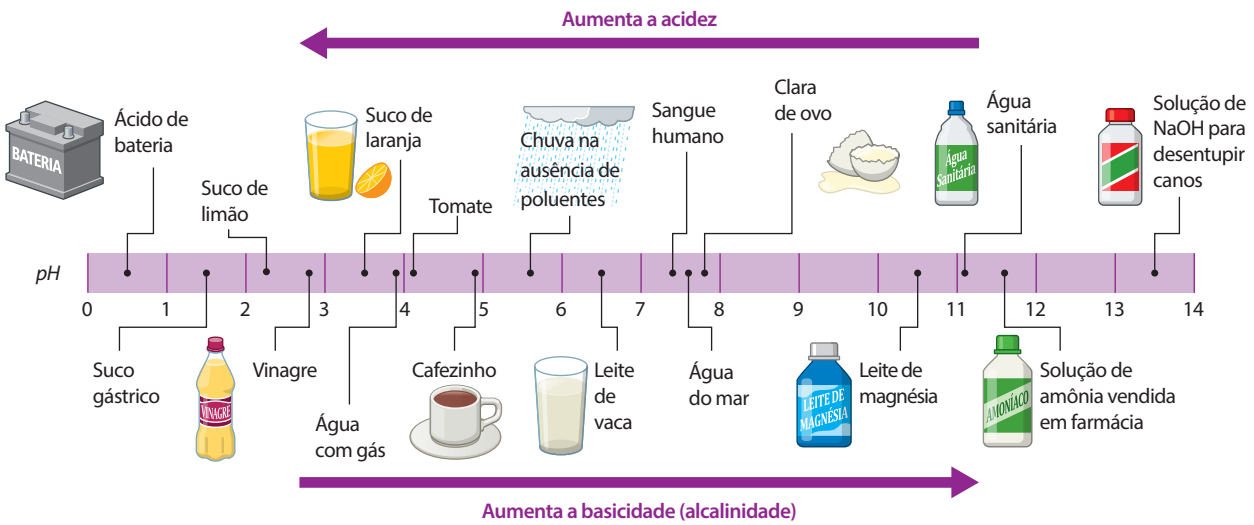
O *pH* aproximado de uma solução pode ser determinado com o uso de papel indicador universal (Fig. 11). Para uma medida mais precisa, emprega-se um medidor digital de *pH* (Fig. 12), também denominado peagâmetro (ou pHmetro). O esquema da Figura 13 exemplifica valores típicos de *pH*.

MARTYN F. CHILLMAID/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 11. A ponta do papel indicador universal é mergulhada na solução e comparada com uma escala colorida.

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 12. Medidor digital de *pH*. O sensor está na extremidade da haste mergulhada na solução. Na foto, mede-se o *pH* de suco de laranja, a 25 °C, resultando em 3,22.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 7. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 34; TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 538.

Figura 13. Valores típicos de *pH* de alguns meios aquosos. A escala não termina em 0 ou 14 e, em laboratório, é possível obter soluções muito ácidas ou muito alcalinas cujos valores estão ligeiramente abaixo de 0 ou acima de 14. Isso, contudo, não ocorre com produtos cotidianos em geral. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Como vimos na abertura do capítulo, a cultura hidropônica utiliza uma solução aquosa nutritiva. Essa forma de cultura requer constante monitoramento dessa solução e de fatores como seu *pH*, que, em geral, deve estar entre 5,5 e 6,5, podendo variar conforme a planta cultivada. Suponha que um pequeno produtor identificou que o *pH* da solução nutritiva era próximo de 8,0, mas, para o tipo de planta que cultiva hidroponicamente, deveria estar na faixa citada anteriormente. Adicionar vinagre à solução pode ajudá-lo a solucionar o problema? Argumente para justificar sua resposta.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

10. Nas cinzas estão presentes substâncias que, em contato com a água, promovem o aparecimento, entre outras, das substâncias conhecidas como hidróxido de potássio e hidróxido de sódio. Por isso, não se deve deixar que cinzas entrem em contato direto com a pele e os olhos.

Escreva uma fórmula que represente cada uma dessas duas substâncias.

11. (Unisinos-RS) Um aluno, trabalhando no laboratório de sua escola, deixou cair uma certa quantidade de solução alcoólica de fenolftaleína sobre um balcão que estava sendo limpo com sapólio. O local onde caiu a fenolftaleína adquiriu, quase que imediatamente, uma coloração violácea. Esse aluno, observando a mancha violácea, concluiu que:

11. b

a. o sapólio deve ser um meio ácido.
b. o sapólio deve ser um meio alcalino.
c. o sapólio deve ser um meio neutro.
d. o sapólio tem características de um sal.
e. a fenolftaleína removeu o sapólio do local.

12. Como parte de um experimento, uma pesquisadora dissolveu quatro substâncias, separadamente, em água. Ela sabe que as equações do que ocorreu são:

Frasco 1: $C_{12}H_{22}O_{11}(s) \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11}(aq)$
Frasco 2: $CaBr_2(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,Br^-(aq)$
Frasco 3: $HBr(g) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$
Frasco 4: $Ca(OH)_2(s) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$

a. Em qual dos frascos a pesquisadora desejava solução ácida? E solução alcalina? Explique.
b. Quais dos frascos não contêm ácido nem base?
c. Um único desses processos é muito comum em cozinhas. Investigue e explique qual é.
d. Quais dos frascos contêm solução eletrolítica?
e. O que se constataria ao testar, separadamente, cada solução com papel de tornassol azul, papel de tornassol vermelho e fenolftaleína?

13. A legislação brasileira proíbe o descarte, em rios e lagos, de efluentes com *pH* menor que 5 ou maior que 9. Explique o que é um efluente (pesquise, se for necessário) e qual é a diferença fundamental entre um com $pH < 5$ e outro com $pH > 9$.

14. Entre um suco de maracujá com $pH = 2{,}7$ e um de goiaba com $pH = 3{,}6$, qual é mais ácido? Explique.

15. O líquido das baterias de automóvel (solução aquosa concentrada de ácido sulfúrico) e o líquido para remover crostas de gordura de fornos (solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio, ou soda cáustica) são **extremamente perigosos** e **corrosivos** e só devem ser manipulados por **profissionais treinados** com **equipamento de proteção individual**. Esclareça qual é a origem da periculosidade de cada um dos produtos incluindo equações químicas na sua explicação.

16. (UFRGS-RS) Aos frascos A, B e C, contendo soluções aquosas incolores de substâncias diferentes, foram adicionadas gotas de fenolftaleína.

16. b

Observou-se que só o frasco A passou a apresentar coloração rósea. Identifique a alternativa que indica substâncias que podem estar presentes em B e C.

a. NaOH e NaCl
b. H_2SO_4 e HCl
c. NaOH e $Ca(OH)_2$
d. H_2SO_4 e NaOH
e. NaCl e $Mg(OH)_2$

17. (Mackenzie -SP) Identifique, das misturas citadas, aquela que apresenta maior caráter básico.

17. a

a. Leite de magnésia, $pH = 10$
b. Suco de laranja, $pH = 3{,}0$
c. Água do mar, $pH = 8{,}0$
d. Leite de vaca, $pH = 6{,}3$
e. Cafezinho, $pH = 5{,}0$

18. (Unifor-CE) Qual das amostras seguintes apresenta maior *pH*?

18. e

a. suco de limão
b. vinagre
c. água destilada
d. solução aquosa de NaCl
e. solução aquosa de NaOH

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Neutralização ácido-base e sais

Imagine que uma solução aquosa de HCl seja misturada a outra, de NaOH. Quando as duas soluções são misturadas, ocorre uma reação química de **neutralização ácido-base**. Uma maneira de representá-la é por meio da seguinte equação química:

$$HCl\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow NaCl\,(aq) + HOH\,(l)$$

É relevante compreender bem essa representação. Os reagentes HCl e NaOH e o produto NaCl estão dissociados em íons. Os íons Na^+ (aq), presentes no início, continuam a existir no final. O mesmo acontece com os íons Cl^- (aq). A reação é entre H^+ e OH^- e produz água, didaticamente representada por HOH. Como os íons Na^+ (aq) e Cl^- (aq) **não** participaram da reação, podemos eliminá-los da equação química:

$$\overbrace{HCl\,(aq)}^{H^+\,(aq)\,+\,Cl^-\,(aq)} + \overbrace{NaOH\,(aq)}^{Na^+\,(aq)\,+\,OH^-\,(aq)} \rightarrow \overbrace{NaCl\,(aq)}^{Na^+\,(aq)\,+\,Cl^-\,(aq)} + \overbrace{HOH\,(l)}^{HOH\,(l)}$$

Assim, outra representação da neutralização é a seguinte:

$$H^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow H_2O\,(l)$$

Considerando que os íons H^+ (aq), que não têm existência individualizada em meio aquoso, encontram-se, de fato, como H_3O^+ (aq), temos, finalmente:

$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$$

Vejamos outros exemplos:

$$1\,H_2SO_4\,(aq) + 2\,NaOH\,(aq) \rightarrow 1\,Na_2SO_4\,(aq) + 2\,HOH\,(l)$$

$$2\,HNO_3\,(aq) + 1\,Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow 1\,Ca(NO_3)_2\,(aq) + 2\,HOH\,(l)$$

$$1\,H_3PO_4\,(aq) + 3\,KOH\,(aq) \rightarrow 1\,K_3PO_4\,(aq) + 3\,HOH\,(l)$$

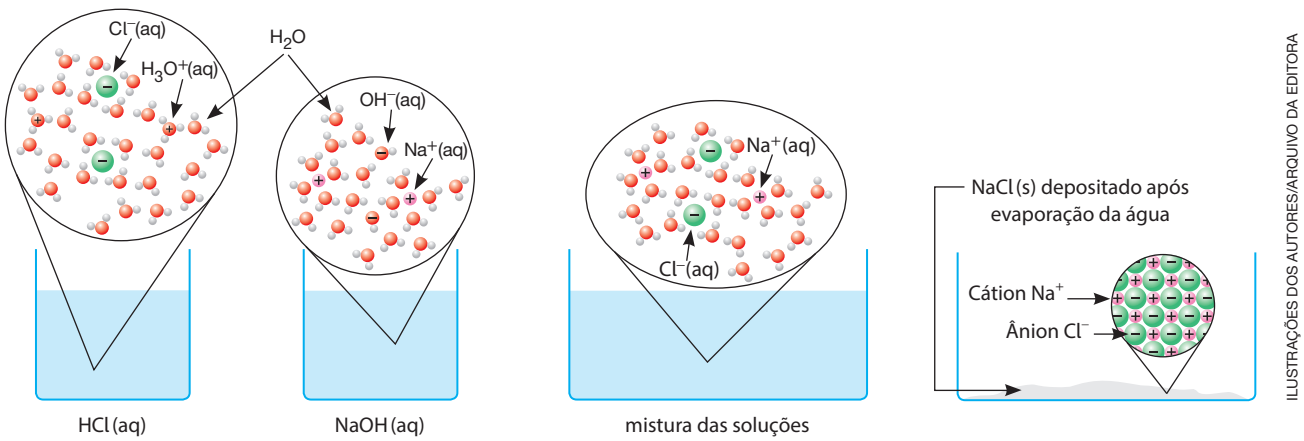
Assim como no exemplo da reação entre HCl e NaOH, apresentado anteriormente, essas três equações químicas podem estar relacionadas a processos em que as quantidades de H^+ e OH^- se equivalem. Dizemos que esses processos são exemplos de **neutralização total**, ou seja, reações entre ácido e base em que todos os íons H^+ provenientes do ácido e todos os íons OH^- provenientes da base formaram água (HOH). Nos três exemplos, há íons que, de fato, não participam da reação. (Você consegue identificá-los?) Eliminando-os da representação, as equações passam a ser:

$$H^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow H_2O\,(l)$$

Essa última é mais bem representada por:

$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$$

Após uma neutralização total, se a solução aquosa em que há íons dissociados (cátions da base e ânions do ácido) for submetida a condições que propiciem a evaporação completa da água, verifica-se que um sólido iônico se depositará no fundo do recipiente (Fig. 14), uma vez que ele não tende a evaporar com a água. (A baixa volatilidade desse composto se relaciona ao fato de sua temperatura de ebulição, ao nível do mar, ser muito superior à da água.) Trata-se de um **sal**, composto iônico em cuja composição há cátions e ânions.



Fonte: KOTZ, J. *et al*. **Chemistry & chemical reactivity**. 11. ed. Boston: Cengage, 2023. p. 164.

Figura 14. Representação esquemática da reação entre HCl e NaOH, em solução aquosa na proporção 1 : 1, com subsequente evaporação da água da solução obtida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nos exemplos comentados anteriormente, os sais que se depositariam após a evaporação da água têm fórmulas NaCl, Na_2SO_4, $Ca(NO_3)_2$ e K_3PO_4. A composição deles está indicada a seguir. Pode-se notar que a proporção entre cátions e ânions, expressa pelos seus índices, está vinculada ao fato de a carga elétrica total do composto ser nula.

$(Na^+)_1(Cl^-)_1$ cloreto de sódio

$(Na^+)_2(SO_4^{2-})_1$ sulfato de sódio

$(Ca^{2+})_1(NO_3^-)_2$ nitrato de cálcio

$(K^+)_3(PO_4^{3-})_1$ fosfato de potássio

No nome de sais, como cloreto de sódio (NaCl), sulfato de sódio (Na_2SO_4), nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$) e fosfato de potássio (K_3PO_4), há o nome do cátion (reveja o Quadro 2) e o nome do ânion que o constituem. O nome do ânion pode ser obtido do nome do ácido de que se origina, por substituição do sufixo (parte final do nome) de acordo com o Quadro 3.

Veja a seguir alguns exemplos da relação entre nomes de ácidos e de ânions.

HCl	ácido cloríd**ico**	corresponde a	Cl^-	ânion clor**eto**
H_2S	ácido sulfíd**rico**	corresponde a	S^{2-}	ânion sulf**eto**
HNO_2	ácido nitr**oso**	corresponde a	NO_2^-	ânion nitr**ito**
HNO_3	ácido nítr**ico**	corresponde a	NO_3^-	ânion nitr**ato**
H_2SO_3	ácido sulfur**oso**	corresponde a	SO_3^{2-}	ânion sulf**ito**
H_2SO_4	ácido sulfúr**ico**	corresponde a	SO_4^{2-}	ânion sulf**ato**
H_3PO_4	ácido fosfór**ico**	corresponde a	PO_4^{3-}	ânion fosf**ato**
HClO	ácido **hipo**clor**oso**	corresponde a	ClO^-	ânion **hipo**clor**ito**
$HClO_2$	ácido clor**oso**	corresponde a	ClO_2^-	ânion clor**ito**
$HClO_3$	ácido clór**ico**	corresponde a	ClO_3^-	ânion clor**ato**
$HClO_2$	ácido **per**clór**ico**	corresponde a	ClO_4^-	ânion **per**clor**ato**

Quadro 3. Relação entre o sufixo de um ácido e o sufixo do ânion correspondente

ÁCIDO	ÂNION
ídrico	eto
oso	ito
ico	ato

Fonte: elaborado pelos autores.

Perceba que prefixos (como "hipo" e "per") existentes no nome do ácido são mantidos no nome do ânion. Note, também, que a carga do ânion depende de quantos hidrogênios do ácido foram ionizados.

Veja, a seguir, exemplos de nomes e fórmulas de sais. Os índices em laranja indicam a proporção entre as quantidades de cátions e de ânions que resultam em carga elétrica total nula.

$(Ca^{2+})_1(Cl^-)_2$ cloreto de sódio $CaCl_2$

$(Fe^{3+})_2(S^{2-})_3$ sulfeto de ferro(III) Fe_2S_3

$(Al^{3+})_2(SO_4^{2-})_3$ sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$

$(Cu^{2+})_1(SO_4^{2-})_1$ sulfato de cobre(II) $CuSO_4$

$(NH_4^+)_1(Cl^-)_1$ cloreto de amônio NH_4Cl

$(NH_4^+)_2(SO_4^{2-})_1$ sulfato de amônio $(NH_4)_2SO_4$

$(Fe^{2+})_1(NO_3^-)_2$ nitrato de ferro(II) $Fe(NO_3)_2$

$(Ca^{2+})_1(CO_3^{2-})_1$ carbonato de cálcio $CaCO_3$

O último dos exemplos envolve um ânion relevante, o **carbonato**, CO_3^{2-}, que **não** está associado a um ácido de Arrhenius. (Até hoje não foram bem-sucedidas as tentativas experimentais de isolar, em condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm), esse suposto ácido.) É conveniente associar esse ânion ao dióxido de carbono (CO_2), que, como veremos mais à frente, reage com água, deixando o meio ácido.

Existem sais cujos ânions provêm da ionização parcial de ácidos. Como exemplos, podemos citar HSO_4^- (ânion hidrogenossulfato, ou bissulfato), HSO_3^- (ânion hidrogenossulfito, ou bissulfito), HS^- (ânion hidrogenossulfeto, ou bissulfeto). E existe um ânion desse tipo correspondente ao dióxido de carbono, o HCO_3^-, ânion hidrogenocarbonato (ou bicarbonato).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Entre outras ocorrências, sais estão presentes na água do mar, nos líquidos corporais dos seres vivos e em diversos minerais. Entre os sais dissolvidos na água do mar estão, em ordem decrescente de abundância, NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, KCl, $CaCO_3$ e KBr. Desses sais, o NaCl é o de maior valor comercial. Ele é obtido em salinas, por evaporação da água (Fig. 15.A). Além de ser utilizado na culinária, é empregado como matéria-prima em indústrias químicas.

A alta concentração de sais na água do mar faz com que ela não seja adequada para consumo humano. Atualmente, em alguns países, são utilizadas técnicas para obter em larga escala água potável a partir da água do mar. Também existem equipamentos de emergência que permitem a náufragos obter água potável a partir da água do mar. A física húngara Mária Telkes (1900-1995) (Fig. 15.B), por exemplo, trabalhou em diversas áreas de pesquisa, incluindo aplicações da energia solar, e desenvolveu destiladores que usavam energia solar para purificação da água do mar. Mais de 200 mil versões portáteis de seu equipamento (infláveis, para flutuar no mar) foram parte do equipamento salva-vidas de aviões e navios durante a Segunda Guerra Mundial. Também foi pioneira no desenvolvimento de dispositivos para armazenamento de energia solar.

RICARDO JUNQUEIRA/OFFSET/SHUTTERSTOCK

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/SHUTTERSTOCK

Figura 15. (A) Salina em Areia Branca, RN, 2020. (B) A física húngara Mária Telkes, em foto de 1963.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fazer **divulgação científica** é mostrar ao público não especializado aspectos das Ciências da Natureza e sua relevância.

Cada equipe deve elaborar um ou mais vídeos de **divulgação científica** com linguagem e dinâmica que objetivem prender a atenção e mostrar a **importância da Ciência e da Tecnologia para os indivíduos e a sociedade**, divulgando a relevância da Química Inorgânica e das tecnologias a ela associadas.

Cada equipe receberá do professor o nome de algumas substâncias inorgânicas para investigar suas características, importância, produção, aplicabilidade, presença (ou não) no cotidiano, toxicidade e impacto ambiental, bem como recursos digitais (tais como vídeos, simuladores e animações) que auxiliem na exposição.

Em dia agendado pelo professor, os grupos devem expor os resultados, em sala, aos demais colegas.

A seguir, deve ser produzido um vídeo de divulgação científica sobre cada uma das substâncias. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.) Se conveniente, duas ou mais podem ser agrupadas em um mesmo vídeo.

Certifiquem-se de incluir **argumentos** sobre a importância da Ciência e da Tecnologia e, no caso de substâncias tóxicas, os problemas que elas podem provocar, as **medidas protetivas** (individuais, coletivas e ambientais) que a equipe **propõe** e **argumentos** que justificam as medidas propostas.

Postem o material produzido em redes sociais para que seja, efetivamente, uma divulgação científica.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

19. Para água de piscinas, o *pH* deve estar idealmente na faixa entre 7,2 e 7,8. O técnico que trata da piscina de um clube mediu o *pH* da água e constatou o valor 6,5. Ele tem à sua disposição dois produtos apropriados para corrigir *pH*, um ácido e um básico. No caso, qual ele deve escolher? Explique em que se fundamenta essa escolha.

20. Um caminhão-tanque que transportava ácido clorídrico capotou na estrada. Antes da lavagem da pista, técnicos da agência ambiental responsável pela descontaminação despejaram hidróxido de cálcio (cal hidratada) sobre o produto derramado. Use uma equação química para justificar o procedimento adotado na descontaminação.

21. (UEPA) Na indústria, diversas reações químicas são empregadas para obtenção das mais variadas substâncias que são utilizadas em diferentes fins. A seguir são descritas cinco equações químicas. 21. e

I. $NaOH + HCl \rightarrow \mathbf{A} + H_2O$

II. $2\ KOH + H_2SO_4 \rightarrow \mathbf{B} + 2\ H_2O$

III. $Al(OH)_3 + 3\ HCl \rightarrow \mathbf{C} + 3\ H_2O$

IV. $Ba(OH)_2 + 2\ HBr \rightarrow \mathbf{D} + 2\ H_2O$

V. $KOH + HI \rightarrow \mathbf{E} + H_2O$

Nas equações químicas, as letras **A**, **B**, **C**, **D** e **E** representam, respectivamente, as fórmulas:

a. NaCl; KSO_4; AlCl; $BaBr_3$ e KI

b. HCl; KSO_3; $AlCl_2$; BaBr e KH

c. NaH; K_2SO_4; $AlCl_3$; $BaBr_2$ e KI

d. NaCl; K_2SO_3; $AlCl_3$; $BaBr_3$ e K_2O

e. NaCl; K_2SO_4; $AlCl_3$; $BaBr_2$ e KI

22. (UEPB) Qual a equação química balanceada que representa a reação química do hidróxido de alumínio [presente em determinados medicamentos antiácidos] com o [ácido clorídrico existente no] suco gástrico? 22. e

a. $2\ Al(OH)_3 + 3\ H_2CO_3 \rightarrow Al_2(CO_3)_3 + 6\ H_2O$

b. $Al(OH)_3 + H_2SO_4 \rightarrow Al_3SO_4 + H_2O$

c. $2\ Al(OH)_3 + 3\ H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6\ H_2O$

d. $Al(OH)_3 + HCl \rightarrow AlCl_3 + H_2O$

e. $Al(OH)_3 + 3\ HCl \rightarrow AlCl_3 + 3\ H_2O$

23. Leia o texto para realizar a atividade.

> A salinização do solo é uma grande ameaça aos sistemas de produção agrícola e à segurança alimentar em muitos países. A alta salinidade afeta quase 1 bilhão de hectares de terra em todo o mundo, o que é equivalente a 7% da extensão continental da Terra.
>
> **Fonte:** OSMAN, K. T. **Management of soil problems**. Cham (Suíça): Springer, 2018. p. 265. (Tradução dos autores.)

A água utilizada para a irrigação da lavoura pode ser proveniente de rios ou lagos, que contêm baixa concentração de sais dissolvidos. Entretanto, irrigar lavouras intensamente pode conduzir ao grande acúmulo de sais no solo (salinização), sobretudo em locais onde chove pouco, tornando-o infértil.

a. Pesquise o que é **segurança alimentar** e explique por que ela pode ser ameaçada se o solo ficar infértil.

b. Por que a irrigação intensa pode provocar salinização do solo?

c. Em regiões com chuvas regulares, a salinização não ocorre. Proponha uma explicação para isso, argumentando com base no ciclo da água.

24. Fertilizantes químicos fornecem às plantas os elementos químicos indispensáveis ao crescimento, à floração e à frutificação. Tais elementos estão presentes nos fertilizantes em sais, por exemplo, KNO_3, $NaNO_3$, $CaSO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, NH_4Cl, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_3PO_4$. A aplicação de fertilizantes químicos deve ser feita sob **orientação de um agrônomo**, que, avaliando o solo local e o tipo de lavoura, determina a composição do fertilizante e a dosagem a utilizar.

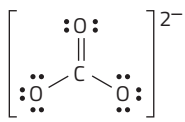
a. A aplicação de quantidades elevadas de fertilizante pode tornar o solo infértil. Por quê?

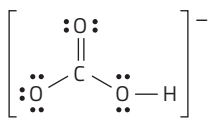
b. Analise a fórmula dos sais citados e escreva a fórmula do cátion e do ânion de cada um.

c. Fundamentado na análise anterior, nomeie cada um dos sais.

d. Na chamada **agricultura orgânica**, fertilizantes químicos são substituídos por outra fonte de sais minerais. Investigue e relate que fonte é essa, argumentando por que ela pode impedir o problema referido no item **a**.

25. A seguir, estão representados, respectivamente, os ânions carbonato e hidrogenocarbonato.





Esses ânions existem em diversos sais, entre os quais o carbonato de cálcio, constituinte da casca de ovos, do calcário, do mármore e da pérolas, e o hidrogenocarbonato de sódio, empregado pela indústria farmacêutica como um dos constituintes de medicamentos efervescentes. Elabore uma fórmula que represente o:

a. carbonato de cálcio;

b. hidrogenocarbonato de sódio (também chamado bicarbonato de sódio).

26. Se um metal X forma um carbonato de fórmula XCO_3, deduz-se que seu brometo terá fórmula: 26. b

a. XBr **b.** XBr_2 **c.** $XBrO_3$ **d.** $X(BrO_3)_2$ **e.** $X_3(BrO_3)_2$

27. A fórmula YPO_4 representa o fosfato de Y, metal que forma um único cátion. Qual das fórmulas a seguir é correta? 27. e

a. Y_3CN **b.** Y_3S_2 **c.** $Y(ClO_3)_2$ **d.** $Y(NO_2)_2$ **e.** $Y_2(SO_3)_3$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

7. Óxidos

Óxidos são uma ampla categoria de substâncias que incluem desde substâncias comuns em nosso cotidiano até compostos bastante específicos usados em pesquisas de ponta (Fig. 16). Um **óxido** é um composto químico formado por apenas dois elementos químicos, no qual o oxigênio é o mais eletronegativo.

Nos **óxidos moleculares**, a ligação entre o oxigênio e o outro elemento é covalente, constituindo moléculas. Podemos citar como exemplos NO (monóxido de nitrogênio), NO_2 (dióxido de nitrogênio), CO (monóxido de carbono), CO_2 (dióxido de carbono), SO_2 (dióxido de enxofre), SO_3 (trióxido de enxofre), N_2O_3 (trióxido de dinitrogênio), N_2O_5 (pentóxido de dinitrogênio) e P_2O_5 (pentóxido de difósforo). O SiO_2 (dióxido de silício) é um sólido macromolecular em cujo cristal cada silício está ligado a quatro oxigênios e cada oxigênio, a dois silícios. É o óxido constituinte do quartzo e da sílica.

CORTESIA DO INSTITUTO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA, FILADÉLFIA

Figura 16. A química indiana Uma Chowdhry (nascida em 1947), em foto de 2008. Ela investigou diversos temas, sobretudo cerâmicas supercondutoras, por exemplo, a representada pela fórmula $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$, proveniente de transformações químicas envolvendo os óxidos Tl_2O_3, BaO, CaO e CuO.

Busque por "modelo molecular do quartzo" e você poderá analisar essa interessante estrutura tridimensional e mostrá-la aos estudantes. Busque também fotos do quartzo.

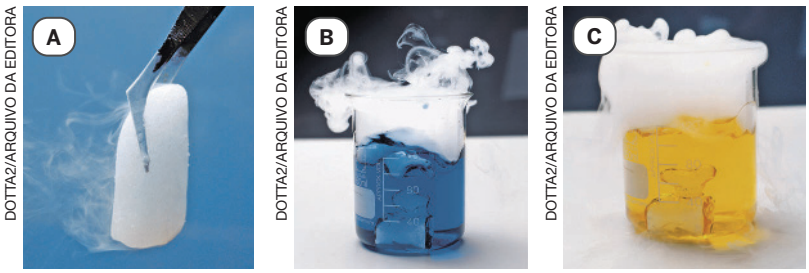
Nos **óxidos iônicos**, o oxigênio encontra-se como ânion, frequentemente O^{2-} (denominado **íon óxido**), e o elemento a ele ligado, como cátion. Exemplos são Li_2O (óxido de lítio), Na_2O (óxido de sódio), K_2O (óxido de potássio), MgO (óxido de magnésio), CaO (óxido de cálcio), BaO (óxido de bário), Al_2O_3 (óxido de alumínio), FeO (óxido de ferro(II)) e Fe_2O_3 (óxido de ferro(III)).

As propriedades dos óxidos são muito diversas e vamos comentar algumas que são de interesse para o presente estudo. Os **óxidos ácidos**, como CO_2, SO_2, SO_3, NO_2, N_2O_3, N_2O_5 e P_2O_5, reagem com água, resultando em solução ácida (Fig. 17). Um exemplo pode ser assim equacionado:

$$CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Tais compostos também reagem com bases, formando sal e água:

$$CO_2(g) + 2\,NaOH(aq) \rightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(l)$$



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

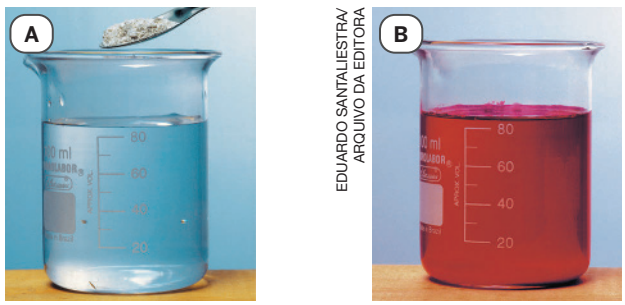
Figura 17. Sob pressão de 1 atm, o CO_2 sólido (gelo-seco) sublima a −78 °C. **Essa substância não deve entrar em contato com a pele, pois causa lesões em razão de sua baixa temperatura.** Gelo-seco (A) é adicionado à água levemente alcalinizada (B), contendo azul de bromotimol (indicador ácido-base azul em meio básico e amarelo em meio ácido). A mudança de cor para amarelo (C) se deve à reação do CO_2 com a água, que deixa o meio ácido.

Os **óxidos básicos**, como Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO e BaO, reagem com água, produzindo solução básica (Fig. 18). Por exemplo:

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Esse tipo de óxido reage também com ácidos, formando sal e água:

$$CaO(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4(s) + H_2O(l)$$



EDUARDO SANTALIESTRA/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 18. O béquer (A) contém água e fenolftaleína. A adição de cal viva (CaO, pó branco na ponta da espátula) faz a fenolftaleína ficar avermelhada (B), evidenciando que se trata de um óxido básico. **A cal tem efeito extremamente corrosivo sobre pele e olhos e não deve ter contato com eles.**

Os **óxidos neutros**, como CO, NO e N_2O, não apresentam tendência a reagir com água, ácidos ou bases, nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

28. Na fabricação de panelas de vidro, são usadas as matérias-primas representadas por SiO_2, B_2O_3, Na_2CO_3 e $CaCO_3$. Explique quais desses compostos são óxidos e quais não são, argumentando por quê.

29. Dióxido de carbono (gás carbônico) e óxido de cálcio (cal viva) diferem em alguns aspectos.

a. Qual deles é constituído de moléculas? Qual é a composição dessas moléculas?

b. Qual é iônico? De que íons é constituído?

c. Qual confere caráter ácido e qual confere caráter alcalino a uma solução aquosa? Justifique elaborando equações químicas.

Informações para as atividades 30 e 31:

Os dois óxidos de nitrogênio mais significativos como poluentes são o óxido nítrico [monóxido de nitrogênio], NO, e o dióxido de nitrogênio, NO_2, coletivamente representados por NO_x. Eles tendem a entrar na atmosfera como NO, e processos fotoquímicos [induzidos pela luz] atmosféricos podem transformar NO em NO_2. Reações subsequentes podem resultar na formação de sais corrosivos do tipo nitrato ou de ácido nítrico, HNO_3. [...] O óxido de enxofre, SO_2, é um produto da reação de queima de combustíveis que contêm enxofre (especialmente carvão) e também pode ser emitido na atmosfera em gases vulcânicos. Parte desse dióxido de enxofre é convertida na atmosfera a ácido sulfúrico, principal responsável pela precipitação ácida.

Fonte: MANAHAN, S. **Environmental Chemistry**. 11. ed. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 207. (Tradução dos autores.)

Pesquisando sobre reações de óxidos, uma estudante encontrou as seguintes equações:

I. $Na_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2\,Na^+(aq) + 2\,OH^-(aq)$

II. $K_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2\,K^+(aq) + 2\,OH^-(aq)$

III. $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$

IV. $2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,SO_3(g)$

V. $SO_2(g) + 2\,H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HSO_3^-(aq)$

VI. $SO_3(g) + 3\,H_2O(l) \rightarrow 2\,H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

30. A 1 atm e 25 °C, o *pH* da chuva em locais não poluídos é 5,6, o que é atribuído à reação entre CO_2 do ar e a água da chuva, assim equacionada:

$$CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

a. Pensando estritamente no *pH* mencionado, essa chuva é ácida, neutra ou alcalina?

b. Em Ciências da Natureza, o termo "chuva ácida" é empregado para designar uma chuva que seja **mais ácida** que a mencionada, o que pode decorrer da presença de certos poluentes. O que se pode, então, afirmar sobre o *pH* de uma precipitação atmosférica considerada chuva ácida? Que ácidos, presentes na chuva em decorrência de poluição, acarretam o fenômeno?

31. Escolha, entre as equações químicas apresentadas, as que possibilitem justificar os fatos listados a seguir:

a. O surgimento do poluente dióxido de enxofre na atmosfera se deve à queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e derivados de petróleo, que contêm enxofre como impureza.

b. O dióxido de enxofre, por oxidação na atmosfera, converte-se em outro poluente, que acarreta a formação de ácido sulfúrico na chuva.

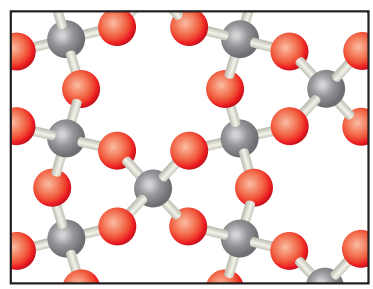
c. Além da representação NO_x, que designa óxidos poluentes de nitrogênio, alguns textos técnicos utilizam SO_x para representar dois óxidos de enxofre poluentes.

d. Cinzas, que contêm óxido de potássio e óxido de sódio, produzem meio alcalino se forem misturadas com água. Por isso, cinzas são perigosas em contato com a pele e os olhos, já que reagem com a umidade neles existente.

32. O monóxido de carbono (CO) é um poluente que não afeta a acidez da chuva, mas é **muito tóxico**. Pesquise a razão dessa toxicidade e elabore uma lista de ações individuais que você deve tomar para não ser intoxicado por ele.

33. (Fuvest-SP) A figura a seguir traz um modelo da estrutura microscópica de determinada substância no estado sólido, estendendo-se pelas três dimensões do espaço. Nesse modelo, cada esfera representa um átomo e cada bastão, uma ligação química entre dois átomos.

33. a



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

A substância representada por esse modelo tridimensional pode ser

a. sílica, $(SiO_2)_n$.

b. diamante, C.

c. cloreto de sódio, NaCl.

d. zinco metálico, Zn.

e. celulose, $(C_6H_{10}O_5)_n$.

34. (Uerj) Na atmosfera artificial do interior das cápsulas espaciais, o oxigênio consumido pelos astronautas é renovado a partir de reservas de O_2. Para manter a concentração do gás produzido pelo metabolismo energético dos tripulantes em níveis não tóxicos, o ar artificial dessas cápsulas precisa, ainda, ser continuamente purificado. Uma das substâncias que podem ser utilizadas na purificação do ar, com esse objetivo, é:

34. d

a. HCl. **b.** K_2SO_4. **c.** H_2CO_3. **d.** NaOH.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

ODS 5

Óxidos são importantes nos estudos de Geologia, área das Ciências da Natureza em que a geóloga estadunidense Florence Bascom (1862-1945) se destacou.

Em sua vida e em sua carreira, essa cientista enfrentou diversos obstáculos por ser mulher.

Pesquisem a vida dela e estabeleçam um paralelo entre os problemas que ela enfrentou e os que ainda existem na sociedade.

Considerando esses problemas que persistem na sociedade atual, elaborem um texto que se posicione contra eles e que se fundamente em **argumentos éticos e legais**.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MUNDO DO TRABALHO

Igualdade de gênero no trabalho

CIDADANIA E CIVISMO
ODS 5 ECONOMIA

Prosseguindo com a temática da *Atividade em grupo* anterior, leia e interprete os seguintes textos.

O que é igualdade de gênero?

Igualdade de gênero é um conceito que garante direitos e oportunidades iguais para homens e mulheres.

Ele é um dos objetivos básicos dos programas de desenvolvimento sustentável e direitos humanos no mundo todo.

[...]

Fazem parte dessa causa o combate à violência contra a mulher, a luta pela paridade salarial e a luta por acesso universal à saúde sexual e reprodutiva, além de temas como representatividade política e liderança corporativa.

[...]

E a igualdade de gênero no trabalho?

No mercado de trabalho, a igualdade de gênero se traduz em salários iguais para homens e mulheres que exercem as mesmas funções e maior presença de mulheres na liderança.

Além disso, envolve questões como respeito aos direitos das colaboradoras, fim do preconceito com as mães, combate ao assédio sexual e moral, luta pelo reconhecimento e oportunidades iguais na carreira.

Na prática, homens e mulheres devem ser tratados igualmente, mas o caminho para chegar a esse objetivo requer ações afirmativas para as mulheres.

Isso porque elas foram inferiorizadas ao longo da história e tiveram seu acesso ao mercado de trabalho dificultado.

[...]

Ainda assim, a discriminação de mulheres persiste e a maioria dos cargos gerenciais permanecem ocupados por homens – o que justifica a agenda da igualdade de gênero.

Fonte: CAMPOS, K. **Igualdade de gênero no trabalho: ações para promover na sua empresa**. Disponível em: https://poderdaescuta.com/igualdade-de-genero-no-trabalho-8-acoes-para-promover/. Acesso em: 16 out. 2024.

Observa-se que nos últimos 30 anos muitas mudanças ocorreram na sociedade e no mercado de trabalho brasileiro, contribuindo para uma maior inserção da mulher, mas as desigualdades de gênero ainda persistem. Dentre essas mudanças destacam-se 1) o processo de expansão econômica e urbanização das cidades a partir da década de 70, aumentando a demanda por trabalhadores; 2) mudanças nas normas/convenções sociais e culturais, com transformações nas estruturas das famílias, e divisão das responsabilidades do lar; 3) mudanças sobre os papéis de gênero na sociedade, com as novas gerações mais interessadas em combater as desigualdades existentes e gerar ambientes mais diversos.

Fonte: FEIJÓ, J. **Diferenças de gênero no mercado de trabalho**. Disponível em: https://portal.fgv.br/artigos/diferencas-genero-mercado-trabalho. Acesso em: 16 out. 2024.

Reúna-se com os mesmos colegas que atuaram com você na *Atividade em grupo* anterior para realizarem as atividades.

1. Busquem dados atualizados sobre o mercado de trabalho no Brasil para demonstrar que ainda há desigualdade de gênero, com mulheres recebendo salários mais baixos e menos presentes em cargos de gerência.
2. Considerando os resultados, elaborem propostas concretas para o estabelecimento da igualdade de gêneros no mercado de trabalho (Fig. 19).

MB IMAGES/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 19. A presença de mulheres em cargos de chefia é numericamente menor que a dos homens. Esse é um tema que diz respeito à sociedade como um todo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (UFSCar-SP) Sal de cozinha (cloreto de sódio) e açúcar (sacarose) são sólidos brancos solúveis em água. Suas soluções aquosas apresentam comportamentos completamente diferentes quanto à condução de corrente elétrica. É correto afirmar que:

1. c

a. o cloreto de sódio é um composto iônico e sua solução aquosa conduz corrente elétrica, devido à presença de moléculas de NaCl. A sacarose é um composto covalente e sua solução aquosa tem viscosidade muito alta, diminuindo a condutividade da água.

b. uma substância como o cloreto de sódio, que em solução aquosa forma íons, é chamada de eletrólito. A solução de sacarose conduz corrente elétrica, devido à formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de sacarose e água.

c. o cloreto de sódio é um composto iônico e suas soluções aquosas conduzem corrente elétrica, devido à presença de íons livres. A sacarose é um composto constituído de moléculas e suas soluções aquosas não conduzem corrente elétrica, pois as moléculas neutras de sacarose não contribuem para o transporte de cargas.

d. a dissolução de sacarose em água leva à quebra das moléculas de sacarose em glicose e frutose e estas moléculas conduzem corrente elétrica. A solução de sal, por sua vez, apresenta condutividade menor que a da água destilada.

e. soluções aquosas de sacarose ou de cloreto de sódio apresentam condutividade elétrica maior do que aquela apresentada pela água pura, pois há formação de soluções eletrolíticas. Os íons formados são os responsáveis pelo transporte de cargas em ambos os casos.

2. (Unifor-CE) A boa condutibilidade elétrica das soluções aquosas de cloreto de sódio deve-se ao movimento de:

2. e

a. elétrons livres.

b. elétrons compartilhados.

c. moléculas solvatadas.

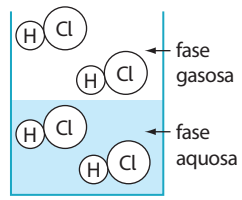
d. moléculas dispersas.

e. íons dispersos.

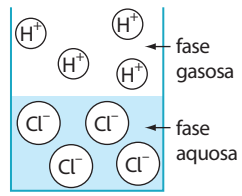
3. (Fuvest-SP) Observa-se que uma solução aquosa saturada de HCl libera uma substância gasosa. Um estudante de química procurou representar, por meio de uma figura, os tipos de partículas que predominam nas fases aquosa e gasosa desse sistema – sem representar as partículas de água. A figura com a representação mais adequada seria:

3. c

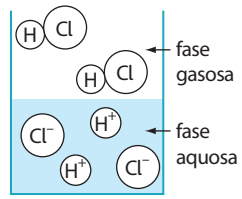
a.



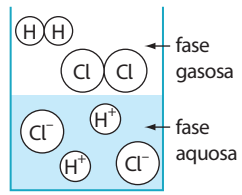
b.



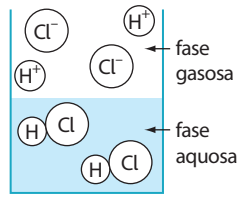
c.



d.



e.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

4. (PUC-MG) Analise a tabela, que mostra propriedades de três substâncias, **X**, **Y** e **Z**, em condições ambientes.

4. c

Substância	X	Y	Z
Temperatura de fusão (°C)	146	1 600	800
Condutibilidade elétrica	nenhuma	elevada	só fundido ou dissolvido na água
Solubilidade na água	solúvel	insolúvel	solúvel

Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que as substâncias **X**, **Y** e **Z** são respectivamente:

a. iônica, metálica, molecular.

b. molecular, iônica, metálica.

c. molecular, metálica, iônica.

d. iônica, molecular, metálica.

5. (Unicamp-SP) Indique, nas afirmações a seguir, o que é correto ou incorreto, justificando sua resposta em poucas palavras. "Uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio apresenta o número de cátions H^+ igual ao de ânions Cl^-. Portanto é eletricamente neutra e não conduz a eletricidade."

6. (Uerj) O técnico de uma fármacia deve usar um composto de enxofre para preparar um determinado medicamento.

6. b

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os compostos de que ele dispõe são:

I. sulfato de sódio
II. sulfeto de zinco
III. sulfato de magnésio
IV. sulfeto de sódio

O preparo desse medicamento deverá ser feito com o composto que apresente a maior razão entre o número de átomos de enxofre e o número total de átomos dos outros elementos. Considerando uma unidade de cada composto, aquele a ser utilizado é o de número:

a. I.
b. II.
c. III.
d. IV.

7. (ITA-SP) Colocando grãos de nitrato de potássio em um frasco com água, nota-se que com o passar do tempo o sólido desaparece dentro da água. Qual das equações é a mais adequada para representar a transformação que ocorreu dentro do frasco?

7. c

a. $KNO_3\,(s) \rightarrow KNO_3\,(l)$
b. $KNO_3\,(s) + H_2O\,(l) \rightarrow KOH\,(aq) + HNO_3\,(aq)$
c. $KNO_3\,(s) \rightarrow K^+\,(aq) + NO_3^-\,(aq)$
d. $KNO_3\,(s) \rightarrow K\,(l) + NO_3\,(aq)$
e. $KNO_3\,(s) + H_2O\,(l) \rightarrow KNO_2\,(aq) + H_2O_2\,(aq)$

8. (UEL-PR) Considere as soluções aquosas a seguir.

8. e

Solução	Cor
$CuSO_4$	Azul
KNO_3	Incolor
Na_2SO_4	Incolor
K_2CrO_4	Amarela

A partir dessa tabela, é possível concluir que os íons responsáveis pelas cores azul e amarela são:

a. Cu^{2+} e SO_4^{2-}
b. K^+ e CrO_4^{2-}
c. K^+ e SO_4^{2-}
d. Na^+ e NO_3^-
e. Cu^{2+} e CrO_4^{2-}

9. O ferro exposto ao gás oxigênio e à água reage com eles originando hidróxido de ferro(II) e hidróxido de ferro(III) sólidos, que constituem a ferrugem.

a. Deduza as fórmulas que representam cada uma das substâncias formadas.
b. Em uma serralheria (oficina onde se executam obras em ferro), um profissional (adequadamente **treinado**, usando **equipamento de proteção** e seguindo **normas de segurança**) utilizou ácido clorídrico para remover pequenos focos de ferrugem. Esse ácido reage com os dois hidróxidos mencionados, formando sais solúveis em água, que podem ser removidos da peça antes da pintura. Justifique esse procedimento usando, em sua argumentação, as equações das duas reações de neutralização que ocorrem.

10. Os extintores de incêndio de pó químico contêm hidrogenocarbonato de sódio (também denominado bicarbonato de sódio) e gás nitrogênio a alta pressão. Quando disparados em direção ao fogo, o gás propele o sal (um pó branco) para fora da embalagem e este, com o calor das chamas, se decompõe em carbonato de sódio, gás carbônico e vapor de água. A elevada concentração de gás carbônico no local da combustão acarreta menor concentração de gás oxigênio, o que pode extinguir a chama.

a. Equacione a reação mencionada no texto.
b. Uma **recomendação de segurança** que você deve sempre ter em mente é que um **extintor só serve para o princípio de incêndio, quando o fogo ainda está pequeno**. Explique a razão disso.

11. A soda (carbonato de sódio), sal extraído das cinzas de uma planta chamada, em latim, de *sodanum* (que, por sua vez, veio do árabe *suuad*), é conhecida desde a Idade Média. É do nome dessa planta que se originou a denominação do elemento químico sódio. Ao fazer a reação química da soda com a cal hidratada (hidróxido de cálcio), ambas aquosas, químicos obtiveram o hidróxido de sódio. A reação foi denominada **caustificação da soda**, e essa é a origem histórica do nome **soda cáustica**, usado para designar hidróxido de sódio.

a. Deduza a fórmula dos dois hidróxidos citados no texto.
b. Equacione a reação mencionada, sabendo que o outro produto é $CaCO_3\,(s)$.
c. Qual é a denominação química do sal $CaCO_3$?
d. O $CaCO_3$ ocorre naturalmente em diversos materiais cotidianos. Investigue que materiais são esses e relacione-os em seu caderno.

12. (Enem) Os oceanos absorvem aproximadamente um terço das emissões de CO_2 procedentes de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as queimadas. O CO_2 combina-se com as águas dos oceanos, provocando uma alteração importante em suas propriedades. Pesquisas com vários organismos marinhos revelam que essa alteração nos oceanos afeta uma série de processos biológicos necessários para o desenvolvimento e a sobrevivência de várias espécies da vida marinha. A alteração a que se refere o texto diz respeito ao aumento

12. a

a. da acidez das águas dos oceanos.
b. do estoque de pescado nos oceanos.
c. da temperatura média dos oceanos.
d. do nível das águas dos oceanos.
e. da salinização das águas dos oceanos.

13. (UFSCar-SP) O reboco das paredes de casas pode ser feito com a aplicação de uma pasta feita de argamassa com água. A argamassa é uma mistura de areia com cal extinta, $Ca(OH)_2$. Nas paredes, a pasta vai endurecendo devido à evaporação da água e subsequente reação do hidróxido de cálcio com o gás carbônico do ar. O reboco seco é constituído por uma mistura rígida de areia e:

13. e

a. $Ca_3(PO_4)_2$.
b. $CaSiO_3$.
c. $CaSO_4$
d. $Ca(HCO_3)_2$.
e. $CaCO_3$.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 8

Soluções aquosas

SAÚDE

SYDA PRODUCTIONS/SHUTTERSTOCK

Em hospitais, faz parte da rotina médica relatar por escrito aos profissionais da área de enfermagem a medicação a ser aplicada a cada paciente. Se uma médica prescrever um fármaco que é administrado em solução aquosa, será necessário determinar o volume de solução que contém a quantidade pretendida do fármaco. No texto desta página, apresentamos um exemplo para que você pense a respeito.

Os diversos materiais presentes em nosso dia a dia raramente são substâncias puras. Geralmente, são misturas de duas ou mais substâncias, podendo ser heterogêneas (duas ou mais fases) ou homogêneas (uma única fase).

As misturas homogêneas são também denominadas **soluções** e têm grande relevância na Ciência e na Tecnologia, por exemplo, em estudos médicos e suas aplicações (exemplo na legenda da fotografia de Jane Cooke Wright). As soluções apresentam propriedades que dependem de fatores como a proporção entre as quantidades dos seus componentes. Consideremos, por exemplo, dois medicamentos que sejam soluções aquosas de um mesmo princípio ativo (substância responsável pelos efeitos do medicamento no organismo). Se uma dessas soluções contiver maior quantidade do princípio ativo em um mesmo volume de solução, dizemos que essa solução apresenta maior **concentração** dessa substância.

Aqui vai uma situação para você pensar a respeito. Imagine que, após atendimento de urgência em um hospital, um indivíduo permaneceu internado. A médica que o atendeu passou para a área de enfermagem a seguinte prescrição: uma dose de 250 mg de determinado fármaco a cada 8 horas por via endovenosa (ou intravenosa, isto é, na veia). O medicamento está disponível, para essa via de administração, em solução aquosa de concentração 50 g/L. Para seguir a prescrição, que volume da solução deve ser injetado a cada 8 horas? Se o estado do paciente requerer que a médica aumente a dose para 1.000 mg, qual será o novo volume de solução que a equipe de enfermagem deverá aplicar em cada injeção?

Neste capítulo, vamos abordar modos de expressar matematicamente a concentração de soluções. Também vamos discutir a técnica de diluição de soluções, que possibilita obter soluções menos concentradas a partir de outras, mais concentradas.

As resposta serão discutidas no item 3.

IRWIN GOOEN/GRANGER/SHUTTERSTOCK

A médica oncologista estadunidense Jane Cooke Wright (1919-2013), em foto de 1958. Ela investigou o efeito de substâncias terapêuticas no tratamento do câncer. Em vez de testar diretamente no organismo de pacientes, submeteu tecidos cancerosos, em laboratório, a soluções aquosas de diferentes substâncias, observando como eram afetados. Por esses e diversos outros estudos, ela foi uma das pioneiras no desenvolvimento da técnica denominada quimioterapia do câncer.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Aspectos introdutórios

Podemos usar o verbo "dissolver" para nos referir ao ato praticado pelo indivíduo que faz uma solução, como na frase "dissolvi açúcar em água". Também podemos utilizá-lo de outra maneira. Ao dizer, por exemplo, que açúcar foi dissolvido em água, o verbo "dissolver" expressa que determinada quantidade de água, ao se misturar homogeneamente com certa quantia de açúcar, origina uma solução. Quando uma substância dissolve outra, é costume chamá-la de **solvente**. A substância que é dissolvida no solvente, por sua vez, é denominada **soluto**.

Se uma solução é preparada com o solvente água, dizemos que se trata de uma **solução aquosa**. Ao dissolver açúcar em água, por exemplo, obtém-se uma solução aquosa de açúcar, na qual a água é o solvente e o açúcar é o soluto. São inúmeras as soluções presentes em nosso cotidiano, principalmente as soluções aquosas. Entre os exemplos destas últimas, temos os sucos de frutas, a saliva, o plasma sanguíneo, a urina, a água da chuva e a água potável. Ao observar um rótulo de água mineral, por exemplo, você pode encontrar os componentes da solução aquosa e suas concentrações.

Ao trabalhar com soluções, é frequente a necessidade de expressar a concentração do soluto na solução. Por exemplo, quando se utilizam solventes líquidos, existe a necessidade de medir, com precisão adequada, o volume de líquidos. Nos laboratórios, há vários equipamentos de vidro com indicações de volume, nem todos com a mesma precisão. Ao medir um mesmo volume utilizando os equipamentos destacados na Figura 1, o béquer (Fig. 1.A) e o erlenmeyer (Fig. 1.B) são relativamente pouco precisos, propiciando apenas medidas aproximadas. Já a proveta (Fig. 1.C) é um pouco mais precisa que béquer e erlenmeyer, fornecendo medidas razoáveis para procedimentos que não exijam precisão muito grande.

Para os propósitos deste capítulo, contudo, duas outras vidrarias para medição de volume merecem nossa atenção, a pipeta volumétrica (Fig. 1.D) e o balão volumétrico (Fig. 1.E). Ambos têm precisão maior que proveta, erlenmeyer ou béquer e são usados em boa parte dos procedimentos de preparo de soluções.

A pipeta volumétrica e o balão volumétrico apresentam uma marca indicativa que também é chamada de traço de calibração, ou de aferição. Note essas marcas na Figura 1 (D e E), que foram feitas pelo fabricante a determinada temperatura (frequentemente 20 °C). O volume e a temperatura são grafados no equipamento e assim, quando preenchidos com líquido até a marca, tem-se uma medida de volume razoavelmente precisa. Como estudado no Capítulo 6, as partículas na superfície do vidro interagem com as do líquido de tal maneira que a superfície do líquido deixa de ser plana conforme encontra-se mais próxima do vidro. Para uma determinação correta do volume, o olhar do observador deve seguir uma linha horizontal imaginária tangente à parte central da superfície do líquido (essa superfície é chamada de menisco) (Fig. 2).

Embora a pipeta volumétrica e o balão volumétrico se prestem à medida de um único valor de volume, esta é feita com precisão satisfatória. Esses equipamentos são comercializados em várias opções de tamanho, sendo comuns pipetas volumétricas de 1 mL, 5 mL, 10 mL e 25 mL e balões volumétricos de 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1.000 mL e 2.000 mL.

Se houver conexão com a internet, você pode buscar fotos desses equipamentos e perceber a diversidade de opções. Durante sua busca, também poderá encontrar pipetas convencionais, que não devem ser confundidas com as volumétricas, pois possuem precisão inferior e diversos traços indicativos de volume.

A seguir, apresentamos um texto que explica como utilizar corretamente um balão volumétrico no preparo de uma solução aquosa. Leia e analise o texto com atenção, pois, na sequência, empregaremos informações nele contidas para exemplificar o preparo de uma solução aquosa de um soluto sólido.

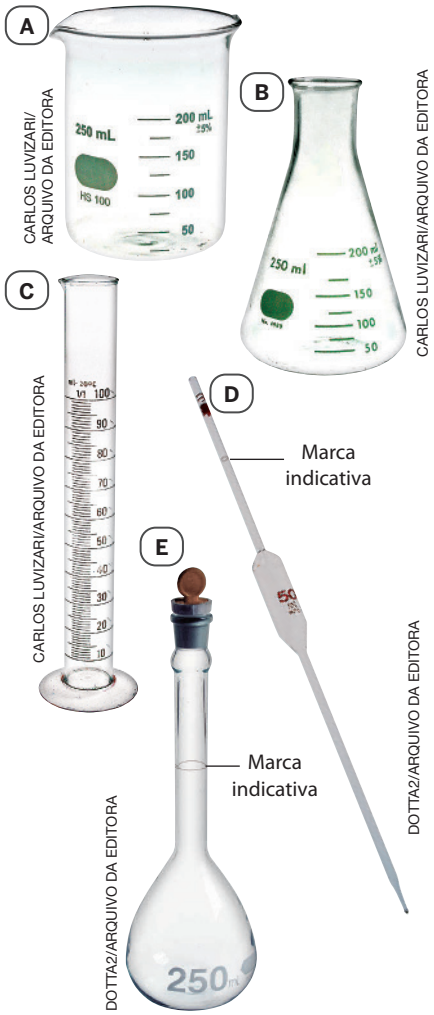
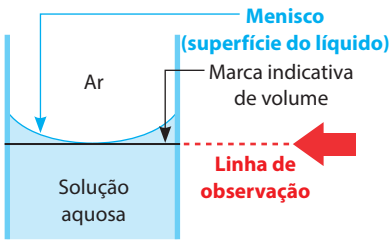


Figura 1. Exemplos de equipamentos de vidro (vidrarias) usados para medir volume: béquer (A), erlenmeyer (B), proveta (C), pipeta volumétrica (D) e balão volumétrico (E).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Fonte: Elaborado a partir de SKOOG, D. A. *et al.* **Fundamentals of Analytical Chemistry**. 10. ed. Boston: Cengage, 2022. p. 985.

Figura 2. Técnica correta para utilização da marca indicativa existente em pipetas volumétricas e balões volumétricos, conforme explicado no texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Preparo de soluções aquosas

Ao se preparar uma solução, o soluto (sólido, líquido ou solução concentrada) deve ser inicialmente dissolvido em um béquer, utilizando-se um volume de solvente inferior ao volume final de solução a ser preparado. Em seguida, essa solução deve ser transferida para um balão volumétrico de volume igual ao que se deseja preparar de solução; então, adiciona-se solvente até que o volume de solução atinja a marca indicativa no pescoço do balão. Preparada a solução, a mesma deve ser cuidadosamente homogeneizada invertendo-se o balão volumétrico (bem fechado) diversas vezes.

O procedimento de diluir, inicialmente, o ácido (ou dissolver a base) em um béquer, em vez de diluí-lo diretamente no balão volumétrico, tem uma forte justificativa: a diluição de soluções concentradas de ácidos ou bases (ou a dissolução de bases) é, em geral, acompanhada por um grande desprendimento de calor (processo exotérmico), o que eleva a temperatura da solução. Como, geralmente, o volume nominal dos balões volumétricos é calibrado a 20 °C, não é recomendado colocar soluções aquecidas em balões nem expor balões volumétricos a temperaturas elevadas (por isso, eles não devem ser secos em estufas). Por outro lado, o desprendimento de calor ocasionado pela dissolução aquosa de soluções concentradas de ácidos é tão grande que somente se deve dissolvê-los em água, isto é, não se deve dissolver água neles, pois, neste caso, a solução pode chegar a ferver no ponto em que a água é adicionada, podendo espirrar (muitos ficaram cegos ao proceder desta forma errônea!).

Portanto:

JAMAIS ADICIONE ÁGUA A UMA SOLUÇÃO CONCENTRADA DE UM ÁCIDO; SEMPRE ADICIONE LENTAMENTE O ÁCIDO CONCENTRADO À ÁGUA!

Fonte: SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C.; MACHADO, P. F. L. **Introdução à Química Experimental**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. p. 112.

1. A etapa de dissolução do soluto em água não é realizada diretamente dentro do balão volumétrico. Apresente argumentos que justifiquem esse procedimento.
2. O preparo de soluções de ácidos ou de bases **NÃO deve ser realizado por estudantes**. Essa preocupação se justifica por razões de segurança. Além de serem materiais altamente corrosivos, que outro argumento justifica essa medida de segurança?

A Figura 3 ilustra a preparação de uma solução aquosa do soluto sulfato de cobre(II) pentaidratado ($CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$) com a técnica relatada no texto da seção *Em destaque*. É uma sequência de imagens didáticas para ilustrar o tema que estamos abordando. Lembre-se de que **você só deve realizar procedimentos de laboratório com autorização e supervisão do professor**.

① Um béquer vazio é colocado na balança e ela é zerada. A substância sólida que será o soluto (no caso, sulfato de cobre(II) pentaidratado) é adicionada até a balança indicar a massa desejada.

② No béquer, o soluto é dissolvido em água destilada (água purificada por destilação), mexendo-se a mistura com bastão de vidro. Nessa etapa, emprega-se volume de água bem inferior ao final desejado.

③ A solução é transferida para o balão volumétrico. Ao final dessa etapa, restará pequena quantidade de solução no béquer e no funil.

④ Acrescenta-se água destilada ao béquer, agita-se e transfere-se para o balão (algumas vezes) para incorporar o que ficou retido no béquer e no funil.

⑤ Completa-se cuidadosamente com água destilada até a indicação no pescoço do balão. Ele é bem fechado com a tampa apropriada do balão (para que não haja vazamento da solução) e, a seguir, virado de ponta-cabeça algumas vezes para homogeneizar bem o líquido.

FOTOS: TREVOR CLIFFORD PHOTOGRAPHY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 3. Preparo de uma solução de sulfato de cobre(II) pentaidratado ($CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$). O técnico usa avental e óculos de segurança. Os **cuidados** nesse procedimento podem variar dependendo da periculosidade do soluto.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

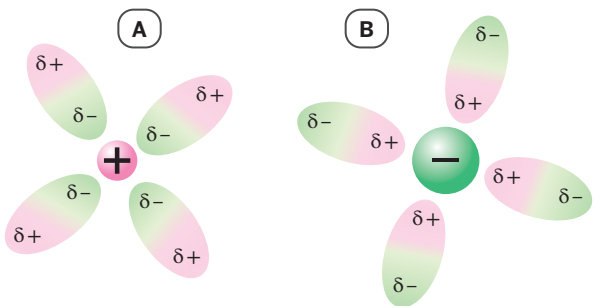
2. Soluções e interações intermoleculares

Para que um soluto se dissolva em água, é preciso que suas partículas constituintes (íons ou moléculas) sejam separadas, o que requer **ruptura das ligações químicas e/ou das interações intermoleculares**. Se o soluto for um sólido iônico, é necessário o afastamento de cátions e ânions que se atraem por forças eletrostáticas entre cargas de sinais opostos, ou seja, é preciso que ligações iônicas sejam rompidas. Se o soluto for um sólido ou líquido molecular, a separação implica ruptura de interações intermoleculares (forças de London, interações dipolo-dipolo e/ou ligações de hidrogênio). Quando o soluto é molecular, a dissolução também pode envolver a ruptura de ligações covalentes, como vimos no Capítulo 7 (por exemplo, a ionização de ácidos ou de amônia em água).

O rompimento de ligações químicas e interações intermoleculares requer absorção de energia. Essa energia é, total ou parcialmente, proveniente da energia liberada na **formação de interações** entre as partículas de soluto e as moléculas de água que as rodeiam, envolvidas em sua **solvatação**. A solvatação pela água pode ser denominada **hidratação**.

Se as partículas do soluto são íons como Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, Br^- e I^-, a solvatação ocorre com o estabelecimento de **interações íon-dipolo** (apresentadas no Capítulo 7). Além da água, outros líquidos de elevada polaridade também podem dissolver alguns compostos iônicos, solvatando seus íons (Fig. 4), porque estabelecem esse mesmo tipo de interação.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



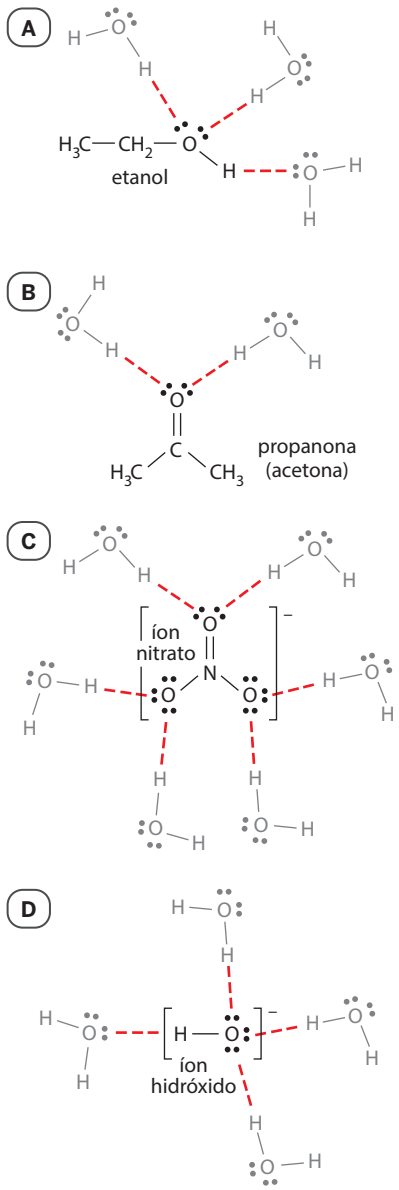
Fonte: ROBINSON, J. K.; MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. **Chemistry**. 8. ed. Hoboken: Pearson, 2020. p. 305.

Figura 4. Representação esquemática genérica de cátion solvatado (A) e de ânion solvatado (B) por moléculas de solvente polar. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

De modo geral, compostos iônicos não se dissolvem bem em líquidos apolares (por exemplo, hidrocarbonetos derivados do petróleo) ou fracamente polares. Isso ocorre porque, entre outros fatores, as interações estabelecidas entre as partículas do soluto e do solvente não compensam energeticamente o rompimento das forças de atração entre os íons do soluto e entre as moléculas do solvente.

Se as partículas do soluto dissolvido em água são moléculas como CH_3CH_2OH (etanol), CH_4N_2O (ureia), H_3CCOCH_3 (propanona), H_3COCH_3 (éter dimetílico) e $C_6H_{12}O_6$ (glicose) ou íons como NO_3^- (nitrato), SO_4^{2-} (sulfato), hidróxido (OH^-), amônio (NH_4^+) e oxônio (H_3O^+), há estabelecimento de **ligações de hidrogênio** na solvatação (Fig. 5).

Assim, a tendência de solutos iônicos e de solutos moleculares polares se dissolverem em solventes polares deve-se à formação de intensas interações entre soluto e solvente (íon-dipolo, ligação de hidrogênio e, eventualmente, dipolo-dipolo), que libera energia suficiente para compensar a absorção de energia no rompimento de ligações que existiam entre as partículas do soluto puro.



Fontes: GRABOWSKI, S. J. (ed.). **Hydrogen bonding**: new insights. Dordrecht: Springer, 2006. p. 25, 27; HÜTTERMANN, A. **The Hydrogen Bond**. Berlin: De Gruyter, 2019. p. 32, 98; CAREY, F. A. *et al*. **Organic Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. p. 180-183, 231, 722.

Figura 5. Representação de ligações de hidrogênio (em tracejado vermelho) possíveis entre água e: etanol (A), propanona (B), íon nitrato (C) e íon hidróxido (D).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Há, contudo, compostos iônicos que não se dissolvem satisfatoriamente em água nem em outros solventes polares. (Conheceremos exemplos no Capítulo 9.) Em muitos casos, isso pode ser atribuído a ligações muito intensas entre os íons no cristal, o que inviabiliza sua separação pelo solvente. Há também outros fatores que podem ser responsáveis, chamados fatores entrópicos, associados ao grau de organização/desorganização da matéria em nível submicroscópico. A atuação desses fatores não será objeto da presente discussão.

Consideremos, agora, soluções preparadas com solventes apolares. Digamos que, seguindo normas de segurança adequadas, um pesquisador dissolva heptano (C_7H_{16}) em octano (C_8H_{18}), substâncias incolores, líquidas a 25 °C e 1 atm. Os cuidados ao manuseá-los se justificam porque são compostos muito voláteis (vaporizam com facilidade) e seus vapores, além de tóxicos, são facilmente inflamáveis em presença de fontes de ignição como chama ou faísca elétrica. No heptano e octano puros, as moléculas se atraem por forças de dispersão de London, isto é, interações dipolo instantâneo-dipolo induzido (Capítulo 6). Ao dissolver o heptano no octano, parte dessas interações se desfaz e são estabelecidas novas interações entre as moléculas das duas substâncias, também por forças de dispersão de London. A tendência de solutos apolares se dissolverem em solventes apolares está relacionada com o fato de a solvatação ser favorecida por forças de London que podem ser estabelecidas entre soluto e solvente.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Qualquer mistura de duas ou mais substâncias é considerada uma solução? 1. d

a. Sim, pois solução é sinônimo de mistura.
b. Sim, pois toda mistura de duas ou mais substâncias é homogênea.
c. Não, pois nenhuma mistura pode ser denominada solução.
d. Não, pois apenas as misturas homogêneas são denominadas soluções.

2. "Em uma solução aquosa de ácido sulfúrico, o soluto é ▬ e o solvente é ▬." 2. b

Completam corretamente os trechos que faltam nessa frase, na ordem em que aparecem:
a. a água / o ácido sulfúrico.
b. o ácido sulfúrico / a água.
c. aquoso / líquido.
d. aquoso / ácido sulfúrico misturado com água.

3. Ao fazer uma solução aquosa de açúcar: 3. a
a. o soluto (açúcar) é dissolvido no solvente (água).
b. a solução é dissolvida no solvente (água).
c. o solvente (água) dissolve-se na solução.
d. o soluto (açúcar) e o solvente (água) se dissolvem na solução.

4. (Ufac) A mistura de água e álcool é: 4. c
a. homogênea gasosa.
b. heterogênea líquida.
c. homogênea líquida.
d. heterogênea sólida-líquida.
e. simples.

5. Na formação de uma solução aquosa do composto iônico brometo de potássio (KBr), ocorre: 5. b
a. formação de íons.
b. dissociação iônica.
c. dispersão de moléculas de KBr na água.
d. transformação de íons em moléculas.

6. Na solução aquosa do composto iônico brometo de potássio (KBr): 6. a
a. moléculas de água solvatam os cátions e os ânions, estabelecendo com eles interações íon-dipolo.
b. cátions K^+ e ânions Br^- solvatam as moléculas de água por meio de interações íon-dipolo.
c. ocorrem ligações de hidrogênio entre moléculas de KBr e moléculas de água.
d. o soluto se dissolve em razão da ocorrência de interações dipolo instantâneo-dipolo induzido entre cátions K^+ e ânions Br^-.

7. Quando o etanol, ou álcool etílico (CH_3CH_2OH), se dissolve em água, são estabelecidas entre moléculas do soluto e moléculas do solvente interações do tipo: 7. c
a. ligação covalente.
b. íon-dipolo.
c. ligação de hidrogênio.
d. ligação iônica.

8. Apesar de o brometo de hidrogênio (HBr) ser uma substância constituída de moléculas (substância molecular), a solução aquosa desse composto contém íons e é condutora de corrente elétrica. A presença de íons nessa solução é explicada pela: 8. d
a. formação de ligações de hidrogênio do HBr com a água.
b. dissociação iônica do HBr ao se dissolver em água.
c. forte associação das moléculas de HBr, íntegras, com as moléculas de água.
d. ionização do HBr ao se dissolver em água.

3. Concentração de uma solução

Para preparar a solução da Figura 6, uma amostra de 50 g da substância cloreto de sódio (NaCl) foi dissolvida, inicialmente, com um pouco de água destilada em um béquer. Toda a solução foi transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL (isto é, 1 L), ao qual se adicionou mais água destilada até a marca indicativa no pescoço do balão. O balão foi tampado e invertido algumas vezes para homogeneizar a mistura.

Perceba que, seguindo o modo de preparo, não dissolvemos o soluto em 1 L de água, mas em **água suficiente para completar 1 L de solução**. Em outras palavras, não é relevante (no caso em questão) saber o exato volume de água que foi utilizado, mas sim o volume da solução preparada. Então, dizemos que, nessa solução, há 50 g de soluto em cada litro **de solução**.

Como toda solução é uma mistura homogênea, o soluto está distribuído de forma uniforme por todo o volume da solução. Então, em 0,5 L da solução há 25 g de soluto, em 0,25 L da solução há 12,5 g de soluto, e assim por diante.

$$\frac{50\ g}{1\ L} = \frac{25\ g}{0{,}5\ L} = \frac{12{,}5\ g}{0{,}25\ L} = \frac{10\ g}{0{,}2\ L} = \frac{5\ g}{0{,}1\ L}$$

Para expressar, de modo conciso, que **há 50 g de soluto em cada litro de solução**, dizemos que **a solução tem concentração 50 g/L** (lê-se 50 gramas por litro).

Assim, acabamos de apresentar uma das maneiras usadas pelos cientistas para expressar a **concentração** de uma solução, que é especificando a massa de soluto dissolvida em certo volume dessa solução. Neste livro, essa grandeza será representada por *C*.

$$C = \frac{m_{soluto}}{V_{solução}}$$

Sobre esse conceito, atente a dois aspectos. A unidade da concentração não precisa ser necessariamente g/L. Ela será composta de uma unidade de massa (mg, g, kg, t etc.) dividida por uma unidade de volume (cm^3, mL, dm^3, L, m^3 etc.). Além disso, lembre-se de que o volume levado em conta no cálculo não é o de solvente usado para fazer a solução, mas o volume da solução.

No início do capítulo, fizemos duas perguntas sobre uma solução de medicamento que, assim como o exemplo apresentado, também tem concentração 50 g/L. Já estamos em condições de respondê-las. Considere a igualdade:

$$\frac{50\ g}{1\ L} \overset{\div 10^3}{=} \frac{0{,}050\ g}{0{,}001\ L} \overset{\text{equivale a}}{=} \frac{50\ mg}{1\ mL}$$

Se há 50 g de soluto em um litro de solução, então haverá 50 mg em cada mililitro. Portanto, para administrar 250 mg do medicamento (soluto), deve-se empregar 5 mL de solução. E, para administrar 1.000 mg, emprega-se 20 mL. Esses volumes podem ser determinados por proporcionalidade:

Massa de soluto		Volume de solução
50 mg	———	1 mL
250 mg	———	x

$$x = \frac{250\ \cancel{mg} \cdot 1\ mL}{50\ \cancel{mg}}$$

$$\boxed{x = 5\ mL}$$

Massa de soluto		Volume de solução
50 mg	———	1 mL
1.000 mg	———	y

$$y = \frac{1.000\ \cancel{mg} \cdot 1\ mL}{50\ \cancel{mg}}$$

$$\boxed{y = 20\ mL}$$

OBJETO DIGITAL Carrossel de imagens: Concentração de soluções na culinária

RICHARD MEGNA/FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

Figura 6. Solução aquosa preparada utilizando 50 g do soluto cloreto de sódio (NaCl) dissolvido em quantidade suficiente do solvente água para obter 1,0 L de solução.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

O rótulo de um frasco de laboratório contém as informações:

KNO_3 (aq)

$C = 84{,}0$ g/L

$d = 1{,}050$ g/cm^3

A indicação *C* representa a concentração da solução e *d* representa sua densidade.

- Qual é o solvente e qual é o soluto?
- Qual é a massa de soluto presente em 500 cm^3 da solução?
- Que volume de solução contém 21,0 g de soluto?
- Qual é a massa de 1 L dessa solução?
- Qual é a massa de soluto presente em 1,0 L da solução?
- Qual é a massa de água existente em 1,0 L da solução?

Em uma folha de papel, escrevam as respostas e expliquem como chegaram a elas. Antes de entregarem-na ao professor, cada membro do grupo deve aproveitar para fazer no seu caderno os registros daquilo que foi desenvolvido nessa atividade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Pesquise a composição química de uma água mineral de sua escolha (no rótulo ou nas informações divulgadas pelo produtor).

Quais são as fórmulas dos íons nela dissolvidos? Qual é a concentração de cada um e em que unidade estão expressas? A quantos g/L equivalem?

Crie uma tabela no caderno que relacione essas respostas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Densidade de soluções

Objetivo

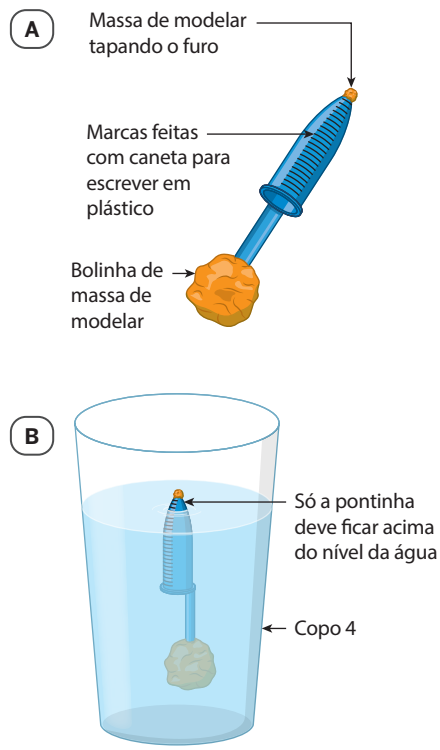
Investigar a flutuabilidade de um objeto em diferentes soluções aquosas de cloreto de sódio.

Material

- quatro copos transparentes
- colher de sopa
- caneta para escrever em plástico (cuja tinta não sai com água)
- tampa plástica de caneta esferográfica
- massa de modelar
- água
- sal de cozinha

Procedimento

1. Coloquem água até cerca de 70% da altura dos copos e os numerem de 1 a 4.
2. Adicionem uma colher (de sopa) de sal ao copo 1, duas colheres ao copo 2 e três colheres ao copo 3. Mexam bem até dissolver o sal. No copo 4, não adicionem sal.
3. Usem a caneta para escrever em plástico para fazer marcas, espaçadas cerca de 2 mm uma da outra, na tampa da caneta esferográfica. Grudem uma bolinha de massa de modelar na ponta do cabo dela e preencham completamente o furo superior com um pouquinho de massa (Fig. 7.A).
4. Coloquem a tampa em pé no copo 4. Ajustem a quantidade de massa de modelar na bolinha do cabo a fim de que apenas uma pontinha da tampa fique fora da água (Fig. 7.B). Registrem quantas marcas estão acima do nível do líquido.
5. Transfiram a tampa para cada um dos outros copos e registrem em cada caso quantas marcas ficam acima do líquido.
6. Removam a massa de modelar e descartem-na no lixo comum. Limpem a tampa para reutilizá-la. Descartem as soluções na pia.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 7. Orientações referentes ao procedimento da atividade prática. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Conclusões

Que diferenças há na flutuabilidade do objeto nos quatro líquidos? Proponham uma explicação para o que foi observado, relacionando concentração da solução com sua densidade.

Elaborem, em equipe, um relato do procedimento, seguido do resultado observado e da explicação proposta. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*.)

Pesquisem o que é um densímetro. Ele mede o quê? Como é utilizado? Qual é sua utilidade prática? Qual é sua relação com o experimento realizado? Incluam essas respostas no relatório que produzirão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

9. No rótulo de um frasco de laboratório, lê-se:

NaOH (aq) $C = 60\ g/dm^3$

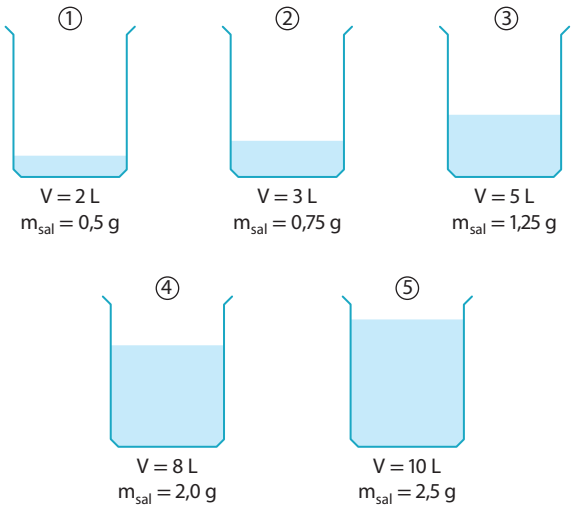
Lembre-se de que 1 dm^3 = 1 L e responda:

a. Qual é o solvente e qual é o soluto?

b. Qual é a massa de soluto em 500 cm^3 dessa solução?

c. Que volume de solução, em mL, contém 15 g de soluto?

10. (Mackenzie-SP) Tem-se cinco recipientes contendo soluções aquosas de cloreto de sódio. 10. d



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

É correto afirmar que:

a. o recipiente 5 contém a solução menos concentrada.

b. o recipiente 1 contém a solução mais concentrada.

c. somente os recipientes 3 e 4 contêm soluções de igual concentração.

d. as cinco soluções têm a mesma concentração.

e. o recipiente 5 contém a solução mais concentrada.

11. Um frasco de laboratório contém 2,0 L de uma solução aquosa de NaCl. A massa do sal dissolvida na solução é de 120 g. Que volume deve ser retirado da solução inicial para que nele existam 30 g de sal dissolvidos? 11. b

a. 1,0 L

b. 0,5 L

c. 0,25 L

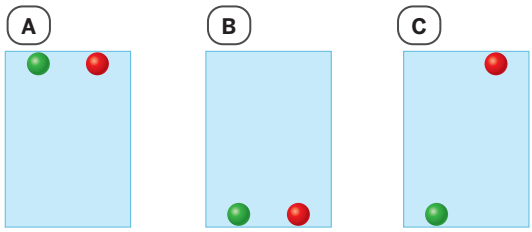
d. 1,5 L

e. 0,75 L

12. O brometo de potássio (KBr) é um sólido bastante solúvel em água. Como deve ser preparada uma solução aquosa de 11,9 g desse sal em 1,00 L de solução? Que volume da solução contém 9,52 g de soluto?

13. Por evaporação e purificação, um litro de água do mar fornece 27 g de cloreto de sódio. Que volume de água do mar, em m^3, precisa ser empregado para que uma salina produza 1 t de cloreto de sódio?

14. Duas bolinhas, uma verde e outra vermelha, de densidades diferentes foram colocadas em três recipientes totalmente preenchidos com álcool (d = 0,8 g/mL), água (d = 1 g/mL) e uma mistura de água e álcool. As três figuras (A, B e C) representam a posição das bolinhas em cada caso, mas não necessariamente nessa ordem. O líquido está representado pela cor azul. Deduza, e justifique, qual o líquido presente em cada caso.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

15. Para realizar certo procedimento experimental, uma pesquisadora precisa saber quais são a massa de soluto e a massa de solvente presentes em 200 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico de concentração 165 g/L e densidade 1,100 g/cm^3.

Explique que cálculos ela deve executar para determinar as massas desejadas. Apresente argumentos que justifiquem sua resposta e realize os cálculos, concluindo quais são essas massas.

16. (Fuvest-SP) Uma usina de reciclagem de plástico recebeu um lote de raspas de 2 tipos de plásticos, um deles com densidade 1,10 kg/L e outro com densidade 1,14 kg/L. Para efetuar a separação dos dois tipos de plásticos, foi necessário preparar 1.000 L de uma solução de densidade apropriada, misturando-se volumes adequados de água (densidade = 1,00 kg/L) e de uma solução aquosa de NaCl, disponível no almoxarifado da usina, de densidade 1,25 kg/L. Esses volumes, em litros, podem ser, respectivamente, 16. c

a. 900 e 100.

b. 800 e 200.

c. 500 e 500.

d. 200 e 800.

e. 100 e 900.

17. (Unitins-TO) Quando se espreme um limão em água, as sementes afundam na solução obtida. Adicionando açúcar, todavia, as sementes passam a flutuar na superfície. Isso ocorre porque: 17. a

a. o açúcar aumenta a densidade da solução.

b. a solução reduz a densidade da solução.

c. a densidade das sementes aumenta.

d. a solução não se altera.

e. as sementes diminuem a densidade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Título e porcentagem

Título em massa e porcentagem em massa

Considere que determinada solução aquosa seja constituída de 10 g de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$, principal componente do açúcar da cana) e 90 g de água. Nela, a massa de soluto (10 g) representa um décimo da massa total (100 g):

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{g}} = \frac{1}{10} = 0{,}10$$

Em 50 g dessa solução, há 5 g de sacarose. Em 20 g de solução, há 2 g de sacarose, e assim por diante.

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{g}} = \frac{5\ \text{g}}{50\ \text{g}} = \frac{2\ \text{g}}{20\ \text{g}} = 0{,}10$$

Quando consideramos uma alíquota (amostra) dessa solução, cuja massa total é menor do que 100 g, a massa de sacarose nela presente também será menor do que 10 g. Contudo, a relação entre a massa de soluto presente em uma amostra dessa solução e a massa total da amostra é sempre 0,10. Essa relação é chamada de **título em massa** e, neste livro, vamos representá-la por τ_m (lê-se tau eme).

$$\tau_m = \frac{m_{soluto}}{m_{solução}}$$

Na solução aquosa de sacarose com $\tau_m = 0{,}10$, qualquer que seja a amostra de solução, a massa do soluto corresponderá a 10% da massa total.

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{10\ \text{g}}{100\ \text{g}} = \frac{5\ \text{g}}{50\ \text{g}} = \frac{2\ \text{g}}{20\ \text{g}} = 0{,}10 = \frac{10}{100} = 10\%$$

Assim, quando o título em massa (τ_m) – um número adimensional (sem unidade), maior que zero e menor que um – é expresso em porcentagem, tem-se a **porcentagem em massa**, ou **porcentagem (m/m)**, do soluto na solução.

Ainda sobre a solução mencionada, podemos deduzir que porcentagem em massa da água na solução é 90% da massa, o que é compatível com os números apresentados: 90 g de água em uma massa total de 100 g.

Título em volume e porcentagem em volume

Existe uma grandeza que informa a fração do volume da solução que corresponde ao soluto. Trata-se do **título em volume**, que simbolizaremos por τ_V (lê-se tau vê), definido como a relação entre o volume de soluto e o volume de solução.

$$\tau_V = \frac{V_{soluto}}{V_{solução}}$$

Digamos que uma solução de heptano (C_7H_{16}) em octano (C_8H_{18}) – substâncias incolores, inflamáveis, líquidas a 25 °C e 1 atm – tenha sido preparada de tal modo que o título em volume do heptano seja 0,25. Isso significa que o volume de heptano corresponde a 0,25 do volume total.

$$\frac{\text{volume de soluto}}{\text{volume de solução}} = \frac{25\ \text{L}}{100\ \text{L}} = \frac{12{,}5\ \text{L}}{50\ \text{L}} = \frac{25\ \text{mL}}{100\ \text{mL}} = \frac{2{,}5\ \text{mL}}{10\ \text{mL}} = 0{,}25\%$$

Quando o título em volume (τ_V) – um número adimensional, maior que zero e menor que um – é expresso em porcentagem, tem-se a **porcentagem em volume**, ou **porcentagem (v/v)**, do soluto na solução.

Na solução mencionada, na qual o heptano tem $\tau_V = 0{,}25$, a porcentagem em volume desse componente é 25%. Em decorrência, deduzimos que a porcentagem em volume do octano é 75%.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Em 2020, o mundo enfrentou uma pandemia de uma nova doença, denominada covid-19, que provocou milhares de mortes no planeta.

Diversas medidas de proteção individual foram recomendadas pelo Ministério da Saúde e incessantemente veiculadas na mídia, entre elas a lavagem correta das mãos com água e sabão. Também foi aconselhado à população que, diante da impossibilidade momentânea de lavar as mãos, elas deveriam ser higienizadas com "álcool 70%", mistura contendo 70% em massa de etanol e 30% de água.

No Brasil, a porcentagem **em massa** de etanol em uma mistura com água é designada por °INPM, por normatização do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), antigo Instituto Nacional de Pesos e Medidas (de onde veio a sigla INPM). Assim, a mistura mencionada é designada como **etanol 70 °INPM**.

Na época da pandemia, determinada indústria tinha grandes estoques de etanol 46 °INPM e de etanol 92,8 °INPM. A diretoria determinou que os químicos da empresa utilizassem esses estoques para produzir etanol 70 °INPM para doação a hospitais.

A fim de realizar o procedimento, os químicos tiveram de determinar em que proporção massa/massa os dois produtos estocados deveriam ser misturados.

Discutam como essa determinação deve ter sido feita e apresentem o raciocínio em uma folha de papel. Antes de entregarem-na ao professor, cada membro do grupo deve aproveitar para elaborar uma cópia desses registros, no seu caderno, complementando-a com anotações pessoais que favoreçam uma revisão posterior do que foi discutido em grupo.

Em destaque

Uma solução aquosa para desinfetar esfolados

Ao ser colocada sobre um ferimento recente, a solução comercializada com o nome de "água oxigenada a 10 volumes" (solução aquosa 3% em massa de peróxido de hidrogênio) toma contato com uma substância chamada **catalase**, que acelera a reação química de decomposição do H_2O_2. Visualmente, a água oxigenada parece "ferver" (Fig. 8).

SCHANKZ/SHUTTERSTOCK

Figura 8. Liberação de bolhas de gás oxigênio observada ao colocar água oxigenada a 10 volumes em um esfolado recente em um dedo.

A catalase é uma enzima, isto é, uma substância presente em sistemas biológicos que atua tornando determinada reação química mais rápida.

Pequenas quantidades de H_2O_2 são eventualmente produzidas no interior das nossas células como subproduto tóxico do processo de respiração aeróbica. Essa substância apresenta efeito nocivo sobre diversos componentes celulares. A presença da catalase nas células humanas (e também na de muitos outros seres vivos) é uma proteção evolutiva contra os efeitos prejudiciais do H_2O_2. Sob ação da catalase, o H_2O_2 é decomposto, na própria célula, em água e gás oxigênio:

$$2\ H_2O_2\ (aq) \rightarrow 2\ H_2O\ (l) + O_2\ (g)$$

A aparente "fervura" da água oxigenada aplicada a esfolados deve-se à liberação de gás oxigênio (O_2) produzido na decomposição do peróxido de hidrogênio, acelerada pela catalase. O gás oxigênio desinfeta o machucado, matando diversos microrganismos que poderiam infeccioná-lo. A decomposição de uma solução de H_2O_2 é bastante lenta, e a higienização de esfolados usando essa substância torna-se possível porque neles existe catalase, enzima liberada quando as células são lesionadas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

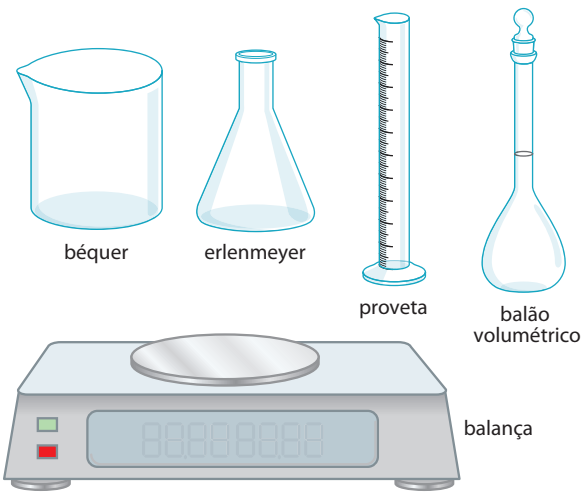
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

18. Qual o título, em massa, de uma solução preparada dissolvendo 25 g de sacarose (açúcar de cana) em 100 g de água? E a porcentagem em massa do soluto?

19. Explique como você procederia, em um laboratório adequadamente equipado, para preparar um quilograma de solução aquosa de sacarose (açúcar de cana), na qual o título em massa seja 0,10, ou seja, na qual a porcentagem em massa do soluto seja 10%.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Exemplos de materiais disponíveis no laboratório mencionado. (Representação esquemática; cores meramente ilustrativas.)

20. Para a realização de um experimento de Botânica, um biólogo precisa de uma solução aquosa de nitrato de potássio (nutriente de plantas) cuja concentração esteja na faixa de 100 g/L a 110 g/L. Ele dispõe de uma solução em cujo rótulo se lê:

KNO_3 (aq) a 10% em massa

densidade = 1,05 g/mL

Decida se essa solução é adequada ao procedimento e explique em que se baseia sua decisão.

VLADIMIR MULDER /SHUTTERSTOCK

Clones de carvalho-vermelho (*Quercus robur*) cultivados em meio nutritivo. O nitrato de potássio é um dos sais utilizados na formulação em meios de cultura para plantas.

21. Uma solução de ácido clorídrico a 37% em massa tem densidade 1,20 g/mL. Qual é a concentração dessa solução em g/L?

22. Em 50,0 L de ar seco e isento de poluentes, há 10,5 L de gás oxigênio. Qual é o título em volume desse constituinte do ar? Fundamentado nessa resposta, qual é a porcentagem em volume de oxigênio no ar?

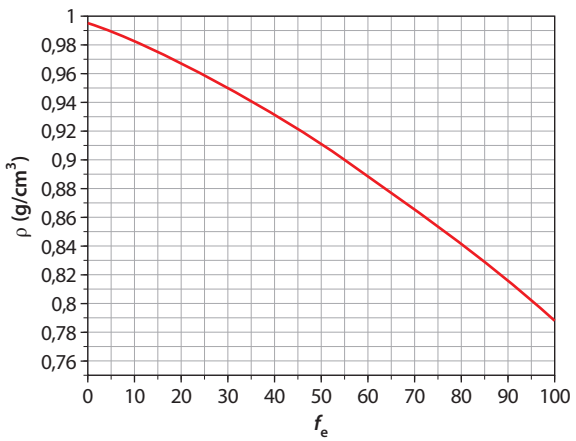
23. Você é responsável pelo setor de compras da fábrica que produz um perfume, em cuja formulação entra 1,5% em volume de essência (líquida) de lavanda. Quantos litros desse líquido você deve adquirir para a produção de 10 mil frascos contendo 300 mL do perfume em cada um? Explique.

24. (Enem) O álcool utilizado como combustível automotivo (etanol hidratado) deve apresentar uma taxa máxima de água em sua composição para não prejudicar o funcionamento do motor. Uma maneira simples e rápida de estimar a quantidade de etanol em misturas com água é medir a densidade da mistura. O gráfico mostra a variação da densidade da mistura (água e etanol) com a fração percentual da massa de etanol (f_e), dada pela expressão

24. c

$$f_e = 100 \times \frac{m_e}{(m_e + m_a)}$$

em que m_e e m_a são as massas de etanol e de água na mistura, respectivamente, a uma temperatura de 20 °C. [No gráfico, a densidade está representada por ρ.]



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte do gráfico: ENGINEERING TOOLBOX. **Density of ethyl alcohol aqueous solutions**. Disponível em: https://www.engineeringtoolbox.com/ethanol-water-mixture-density-d_2162.html. Acesso em: 16 out. 2024.

Suponha que, em uma inspeção de rotina realizada em determinado posto, tenha-se verificado que 50,0 cm^3 de álcool combustível tenham massa igual a 45,0 g. Qual é a fração percentual de etanol nessa mistura?

a. 7%
b. 10%
c. 55%
d. 90%
e. 93%

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Partes por milhão, em massa e em volume

Concentração expressa em ppm em massa

Para um soluto em concentração muito baixa, o título ou a porcentagem podem ser números tão pequenos que, nesse caso, é vantajoso usar a unidade **partes por milhão** (**ppm**), que se refere a massa ou a volume. É uma das unidades usadas no monitoramento de poluentes, os quais, mesmo em concentrações baixas, podem causar problemas de saúde (Fig. 9.A). A asma, por exemplo, é uma doença inflamatória das vias aéreas que, em indivíduos propensos, pode ser desencadeada por poluentes atmosféricos, às vezes em concentrações da ordem de ppm (Fig. 9.B).

Vejamos um exemplo de **ppm em massa**. Um dos critérios estipulados pelo Governo Federal para considerar a água própria para consumo humano é a concentração máxima de íons chumbo(II) (Pb^{2+}): 0,01 mg/L. A massa de soluto 0,01 mg corresponde a 0,00001 g. E o volume de 1 L da solução aquosa tem massa muito próxima de 1.000 g, pois se trata de uma solução aquosa muito diluída, cuja densidade, para efeitos práticos, é igual à da água pura (1 g/mL = 1 kg/L). Assim, 0,01 mg/L equivale a 0,00001 g (de soluto) em 10^3 g (de solução). Seguindo essa proporção, vejamos quanto de soluto haverá em um milhão (10^6) de gramas de água:

Massa de soluto		Massa de solução	
0,00001 g	——	10^3 g	} ⇒ $x = 0{,}01$ g
x	——	10^6 g	

Então, o limite é de 0,01 g de Pb^{2+} por milhão de gramas de solução, ou seja, **0,01 ppm em massa**. Se a concentração for superior a essa, a solução aquosa é imprópria para consumo. A concentração de 0,01 ppm em massa equivale a 0,000001% em massa, como está demonstrado a seguir:

0,01 ppm em massa

$$\frac{\text{massa de soluto}}{\text{massa de solução}} = \frac{0{,}01\text{ g}}{1.000.000\text{ g}} = \frac{0{,}000001\text{ g}}{100\text{ g}} = \frac{0{,}000001}{100} = 0{,}000001\%$$

$\div 10^4$ (acima) e $\div 10^4$ (abaixo)

Como esse é um valor muito pequeno, perceba a conveniência de utilizar, nesse caso, ppm em vez de porcentagem.

BRUNO FERNANDES/FOTOARENA

CORTESIA DO INSTITUTO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA, FILADÉLFIA

Figura 9. (A) Painel indicativo de temperatura e qualidade do ar, São Paulo, SP, 2019. (B) A química taiwanesa Nancy Tang Chang (nascida em 1950, em foto de 2012) chefiou a equipe que desenvolveu um fármaco de nome genérico omalizumabe para reduzir a sensibilidade do organismo a alérgenos (fatores desencadeadores de alergias), visando ao tratamento da asma.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

SAÚDE MEIO-AMBIENTE

Os **metais pesados**, como o chumbo, são tóxicos e muito prejudiciais à nossa saúde e ao meio ambiente.

Investiguem quais são os mais preocupantes, as formas de contaminação e os problemas que causam no organismo humano e nos ecossistemas. Pesquisem recursos digitais (simuladores, vídeos etc.) que ajudem a demonstrar sua periculosidade.

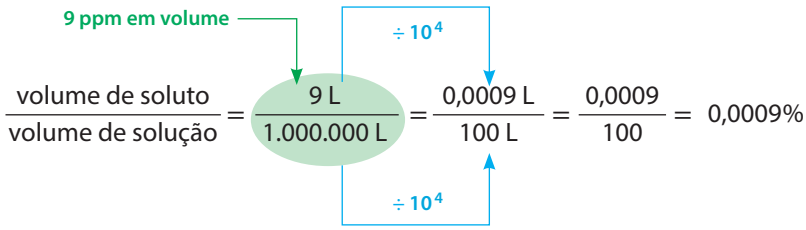
Usem os resultados para produzir um vídeo (sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5) que **explique** o problema à comunidade, que se **posicione criticamente** em relação às diversas aplicações desses metais e **proponha** medidas individuais e coletivas para o correto uso e descarte de materiais que sejam possíveis fontes de contaminação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Concentração expressa em ppm em volume

Vamos, agora, ver um caso de **ppm em volume**. Consideremos o poluente extremamente tóxico monóxido de carbono (CO), emitido, por exemplo, por veículos com motores a combustão. Segundo os padrões de qualidade do ar atmosférico, fixados por resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), a concentração de CO não deve ultrapassar 9 ppm em volume.

Essa concentração deve ser interpretada como 9 L de CO presentes em cada $1 \cdot 10^6$ L (um milhão de litros) de ar, o que equivale a apenas 0,0009% em volume, conforme demonstrado a seguir:



Se um indivíduo adulto inalar 9 mil litros de ar por dia, quantos litros de CO estará inalando, nesse período, se a concentração desse gás for 9 ppm? Aqui também podemos recorrer a um raciocínio de proporcionalidade:

Massa de ar		Volume de CO
$1 \cdot 10^6$ L	——	9 L
$9 \cdot 10^3$ L	——	y

$$y = 0{,}081 \text{ L} = 81 \text{ mL}$$

Para concentrações ainda menores, podem ser empregadas as unidades **ppb** (**partes por bilhão**) e **ppt** (**partes por trilhão**), em massa ou em volume. É útil ter sempre em mente que um milhão é $1 \cdot 10^6$, um bilhão é $1 \cdot 10^9$ e um trilhão é $1 \cdot 10^{12}$.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

25. Você trabalha no departamento de controle de qualidade de uma empresa que comercializa camarões e recebeu um carregamento recém-pescado no qual verificou, mediante análise laboratorial, que havia 0,7 mg de cádmio em cada 100 g de crustáceo.

a. Determine a quantas partes por milhão (ppm) em massa esse valor corresponde.

b. O cádmio é um metal extremamente tóxico. O limite permitido desse metal em crustáceos, por determinação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), do Ministério da Saúde, é de 0,5 mg/kg, ou seja, 0,5 mg por quilograma de massa total. Determine a quantas ppm em massa isso corresponde.

c. Você liberaria esse lote para comercialização? Argumente em favor de sua decisão.

26. Em uma amostra de 100 L de ar coletada em determinada cidade, há $2 \cdot 10^{-8}$ L do poluente gasoso dióxido de enxofre. A quantas ppm, em volume, isso corresponde?

27. Uma análise química detectou a presença de 300 ppm em massa de estanho num lote de salsichas em lata. De acordo com a Resolução RDC nº 42/2013 da Anvisa, é proibido comercializar alimentos contendo mais do que 250 mg/kg, isto é, 250 mg de estanho por quilograma do produto. Imagine que você seja o(a) analista responsável pelo laudo final que aprovará ou reprovará a venda desse lote. Qual é a sua decisão? Em que argumentos ela se fundamenta?

28. (Unifesp) A contaminação de águas e solos por metais pesados tem recebido grande atenção dos ambientalistas, devido à toxicidade desses metais ao meio aquático, às plantas, aos animais e à vida humana. Dentre os metais pesados há o chumbo, que é um elemento relativamente abundante na crosta terrestre, tendo uma concentração ao redor de 20 ppm (partes por milhão). Uma amostra de 100 g da crosta terrestre contém um valor médio, em mg de chumbo, igual a

28. d

a. 20. **c.** 5. **e.** 1.
b. 10. **d.** 2.

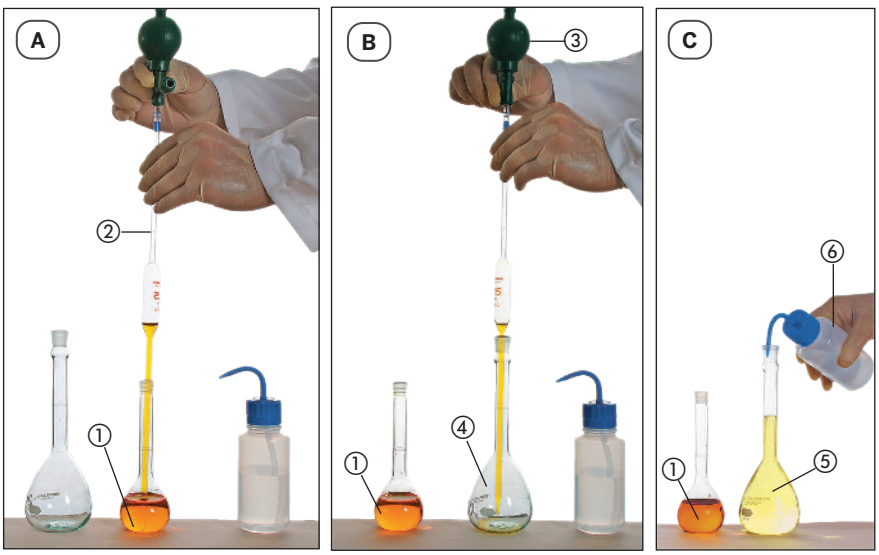
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Diluição de soluções

Em laboratórios científicos, alguns reagentes são armazenados e utilizados para preparar soluções no momento em que elas são necessárias. Há, contudo, diversos reagentes já disponíveis em soluções de estoque (Fig. 10). Estas apresentam apenas certos valores de concentração, mas é possível obter outras, mais diluídas (isto é, menos concentradas), por meio de **diluição**, técnica que consiste em acrescentar solvente a uma solução.

Vejamos um exemplo de diluição em laboratório. De uma solução aquosa de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$, composto alaranjado) cuja concentração é 60 g/L (Fig. 11.A), retira-se uma alíquota (amostra) de 25 mL com uma pipeta volumétrica apropriada. Conforme explicado no item 1, esse equipamento tem uma única marca indicativa de volume. Para essa pipetagem, então, é necessário empregar uma pipeta volumétrica de 25 mL. Nesse procedimento, **NUNCA se pipeta com a boca**. A aspiração do líquido para a pipeta é feita com um dispositivo denominado pera de borracha, ou pera de sucção (Fig. 11.A), conectado à parte superior dela.

A alíquota pipetada é transferida para um balão volumétrico de 250 mL (Fig. 11.B) e, a seguir, completa-se com água destilada até a marca indicativa no pescoço do balão (Fig. 11.C). Já que o acréscimo de água promove aumento do volume da solução, podemos prever que a concentração diminui. Mas como determinar o valor da concentração da solução final?



FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

A massa de soluto (em g) em uma solução é dada por $m_{soluto} = C \cdot V$, em que C é a concentração (em g/L) e V é o volume da solução (em L). Perceba que isso decorre da definição de concentração, apresentada no item 3. Na diluição, a massa de soluto na solução final é a mesma que na alíquota, pois adiciona-se apenas solvente (água, no caso) e não soluto. Usando o índice **i** para a alíquota (situação inicial) e **f** para a solução final, temos:

$$m_{\text{soluto i}} = m_{\text{soluto f}}$$

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

Substituindo os valores, obtemos:

$$60 \text{ g/L} \cdot 0{,}025 \text{ L} = C_f \cdot 0{,}250 \text{ L}$$

$$C_f = 6{,}0 \text{ g/L}$$

Perceba que a concentração final é dez vezes menor que a inicial, pois a mesma massa de soluto, ao final, está dissolvida em um volume dez vezes maior (o acréscimo de água aumentou o volume de 25 mL para 250 mL).

JOHNNYGREIG/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 10. Em um almoxarifado de laboratório, é comum a existência de soluções de estoque. A partir delas, por diluição, podem ser obtidas outras, menos concentradas.

Figura 11. (A) De uma solução 60 g/L de $K_2Cr_2O_7$ (1), retira-se 25 mL com uma pipeta volumétrica (2). A sucção é promovida pela pera de borracha (3). (B) A alíquota é transferida para um balão volumétrico de 250 mL (4). (C) Completa-se com água destilada até a marca do balão, resultando uma nova solução (5), menos concentrada. A pisseta (6) é um frasco plástico usado para adicionar, controladamente, água destilada.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

ODS 6

Em muitas localidades litorâneas, esgotos são despejados no mar, gerando impactos ambientais. A **diluição** dos dejetos na água marinha nem sempre é suficiente para dispersá-los totalmente e acelerar sua biodegradação.

A prática gera muitos problemas, entre eles, a contaminação de praias, tornando-as impróprias para banho. Pesquise por que a **concentração de coliformes fecais na água do mar** é usada pelas autoridades sanitárias para decidir se uma praia pode ser frequentada.

Se você mora em regiões litorâneas (ou as frequenta), procure em fontes confiáveis a qualidade das praias que conhece e estabeleça uma relação com as condições de saneamento básico da região.

Imagine que você foi incumbido de elaborar uma postagem para redes sociais com o intuito de conscientizar a população sobre esse assunto. Redija um texto de até 280 caracteres (que equivale a cerca de 6 a 7 linhas de caderno escritas à mão) que proponha ações individuais e coletivas para minimizar o despejo de esgoto no mar.

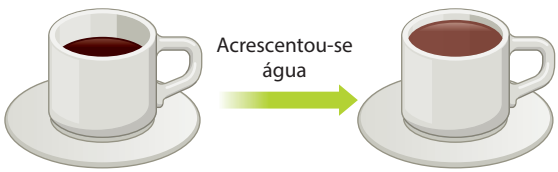
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

29. Uma pessoa que não gosta de café "forte" resolveu transformar um café "forte" em um café "fraco" por acréscimo de água.

29. c



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Compare a concentração da solução antes e depois.

a. A concentração não se altera porque não ocorreu modificação da quantidade de soluto na solução.

b. A concentração não se altera porque os componentes da solução são os mesmos antes e depois.

c. A concentração diminui porque a mesma quantidade de soluto(s) estará dispersa em um volume maior, ao final.

d. A concentração aumenta porque a mesma quantidade de solvente dissolverá mais soluto(s), ao final.

30. As expressões "diluído" e "concentrado" só fazem sentido quando usadas para estabelecer comparação entre soluções. Aplique esses termos às soluções da atividade anterior.

30. d

a. Tanto a solução inicial quanto a solução final são igualmente diluídas.

b. A solução inicial e a solução final são igualmente concentradas.

c. A solução inicial é mais diluída e a solução final é mais concentrada.

d. A solução inicial é mais concentrada e a solução final é mais diluída.

31. Acrescentam-se 300 mL de água a 200 mL de uma solução 10 g/L de cloreto de sódio.

Qual é a concentração final dessa solução?

32. Um técnico tem 500 mL de uma solução de um medicamento e precisa reduzir a concentração, em mol/L, a 1/4 do valor inicial. Como ele deve proceder?

33. (UFRGS-RS) O volume, em mililitro, de uma solução 0,5 mol/L de $AgNO_3$, necessário para preparar 200 mililitros de uma solução 0,1 mol/L desse sal é igual a:

33. d

a. 10.
b. 20.
c. 25.
d. 40.
e. 50.

34. Você tem três copos de uma limonada muito azeda. Em uma jarra apropriada, quantos copos de água você adicionaria a esse volume de limonada, a fim de que a concentração, em g/L, dos solutos se reduza a 60% da inicial? Considere que todos os copos mencionados tenham o **mesmo volume**.

35. (Enem) A varfarina é um fármaco que diminui a agregação plaquetária, e por isso é utilizada como anticoagulante, desde que esteja presente no plasma, com uma concentração superior a 1,0 mg/L. Entretanto, concentrações plasmáticas superiores a 4,0 mg/L podem desencadear hemorragias. As moléculas desse fármaco ficam retidas no espaço intravascular e dissolvidas exclusivamente no plasma, que representa aproximadamente 60% do sangue em volume. Em um medicamento, a varfarina é administrada por via intravenosa na forma de solução aquosa, com concentração de 3,0 mg/mL. Um indivíduo adulto, com volume sanguíneo total de 5,0 L, será submetido a um tratamento com solução injetável desse medicamento. Qual é o máximo volume da solução do medicamento que pode ser administrado a esse indivíduo, pela via intravenosa, de maneira que não ocorram hemorragias causadas pelo anticoagulante?

35. d

a. 1,0 mL
b. 1,7 mL
c. 2,7 mL
d. 4,0 mL
e. 6,7 mL

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (UEMG) O dicromato de potássio, $K_2Cr_2O_7$, é um sal alaranjado muito solúvel em água. 1. b

O quadro a seguir apresenta a massa de dicromato de potássio e o volume de quatro soluções aquosas desse sal.

Solução	Massa de $K_2Cr_2O_7$ (g)	Volume da solução (mL)
I	3	100
II	3	600
III	6	100
IV	6	400

Sobre essas quatro soluções, mostradas no quadro, é CORRETO afirmar que

a. a solução I é a mais diluída.

b. a solução III é mais concentrada do que a II.

c. a concentração da solução II é 0,005 g/L.

d. a concentração de IV é 4 vezes maior do que a III.

2. Certo medicamento contém 30 g de um componente ativo X dissolvido em determinado volume de solvente, constituindo 150 mL de solução. Ao analisar o resultado do exame de laboratório de um paciente, a médica concluiu que ele precisa ingerir 3 g do componente ativo X por dia, divididos em três doses, ou seja, de 8 em 8 horas. Que volume do medicamento a médica deve prescrever para ser ingerido pelo paciente a cada 8 horas? 2. c

a. 50 mL **c.** 5 mL **e.** 12 mL

b. 100 mL **d.** 10 mL

3. (UERJ) Uma amostra de 5 L de benzeno líquido, armazenada em um galpão fechado de 1.500 m^3 contendo ar atmosférico, evaporou completamente. Todo o vapor permaneceu no interior do galpão. 3. b

Técnicos realizaram uma inspeção no local, obedecendo às normas de segurança que indicam o tempo máximo de contato com os vapores tóxicos do benzeno.

Observe o quadro:

Tempo máximo de permanência (h)	Concentração de benzeno na atmosfera (mg · L^{-1})
2	4
4	3
6	2
8	1

Considerando as normas de segurança, e que a densidade do benzeno líquido é igual a 0,9 g · mL^{-1}, o tempo máximo, em horas, que os técnicos podem permanecer no interior do galpão, corresponde a:

a. 2 **b.** 4 **c.** 6 **d.** 8

4. (UFRGS-RS) A dose adequada de paracetamol para uma criança com febre é de 12 mg kg^{-1}. Sabendo que o paracetamol de uso pediátrico tem concentração de 200 mg mL^{-1} e que 20 gotas perfazem 1 mL, quantas gotas um pediatra receitaria para uma criança de 30 kg? 4. b

a. 50 gotas. **c.** 30 gotas. **e.** 18 gotas.

b. 36 gotas. **d.** 20 gotas.

5. (Enem) Para cada litro de etanol produzido em uma indústria de cana-de-açúcar são gerados cerca de 18 L de vinhaça que é utilizada na irrigação das plantações de cana-de-açúcar, já que contém teores médios de nutrientes N, P e K iguais a 357 mg/L, 60 mg/L e 2.034 mg/L, respectivamente. 5. b

Fonte: SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. n. 1, 2007 (adaptado).

Na produção de 27.000 L de etanol, a quantidade total de fósforo, em kg, disponível na vinhaça será mais próxima de

a. 1 **b.** 29 **c.** 60 **d.** 170 **e.** 1.000

6. (Enem) Um pediatra prescreveu um medicamento, na forma de suspensão oral, para uma criança pesando 16 kg. De acordo com o receituário, a posologia seria de 2 gotas por kg da criança, em cada dose. Ao adquirir o medicamento em uma farmácia, o responsável pela criança foi informado de que o medicamento disponível continha o princípio ativo em uma concentração diferente daquela prescrita pelo médico, conforme mostrado no quadro. 6. d

Medicamento	Concentração do princípio ativo (mg/gota)
Prescrito	5,0
Disponível comercialmente	4,0

Quantas gotas do medicamento adquirido a criança deve ingerir de modo que mantenha a quantidade de princípio ativo receitada?

a. 13 **b.** 26 **c.** 32 **d.** 40 **e.** 128

7. (Acafe-SC) A partir da análise de uma amostra de vinagre (solução aquosa de ácido acético), um químico anotou, no rótulo de uma embalagem, a seguinte informação: *4% em volume*. Esse dado representa que: 7. d

a. há 4 mL de ácido acético em 1 L de água.

b. para cada 100 unidades volumétricas de água, 4 unidades correspondem ao ácido acético.

c. há 4 mg de ácido acético em 1 L de água.

d. para cada 100 unidades volumétricas de vinagre, 4 unidades correspondem ao ácido acético.

e. o ácido acético é concentrado.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUAÇÃO

8. (Enem) O álcool hidratado utilizado como combustível veicular é obtido por meio da destilação fracionada de soluções aquosas geradas a partir da fermentação de biomassa. Durante a destilação, o teor de etanol da mistura é aumentado, até o limite de 96% em massa. Considere que, em uma usina de produção de etanol, 800 kg de uma mistura etanol/água com concentração 20% em massa de etanol foram destilados, sendo obtidos 100 kg de álcool hidratado 96% em massa de etanol. A partir desses dados, é correto concluir que a destilação em questão gerou um resíduo com uma concentração de etanol em massa

8. d

a. de 0%.
b. de 8,0%.
c. entre 8,4% e 8,6%.
d. entre 9,0% e 9,2%.
e. entre 13% e 14%.

9. (Enem) O álcool comercial (solução de etanol) é vendido na concentração de 96%, em volume. Entretanto, para que possa ser utilizado como desinfetante, deve-se usar uma solução alcoólica na concentração de 70%, em volume. Suponha que um hospital recebeu como doação um lote de 1.000 litros de álcool comercial a 96%, em volume, e pretende trocá-lo por um lote de álcool desinfetante. Para que a quantidade total de etanol seja a mesma nos dois lotes, o volume de álcool a 70% fornecido na troca deve ser mais próximo de

9. b

a. 1.042 L.
b. 1.371 L.
c. 1.428 L.
d. 1.632 L.
e. 1.700 L.

10. (Enem) Nos municípios onde foi detectada a resistência do *Aedes aegypti*, o larvicida tradicional será substituído por outro com concentração de 10% (v/v) de um novo princípio ativo. A vantagem desse segundo larvicida é que uma pequena quantidade da emulsão apresenta alta capacidade de atuação, o que permitirá a condução de baixo volume de larvicida pelo agente de combate às endemias. Para evitar erros de manipulação, esse novo larvicida será fornecido em frascos plásticos e, para uso em campo, todo o seu conteúdo deve ser diluído em água até o volume final de um litro. O objetivo é obter uma concentração final de 2% em volume do princípio ativo.

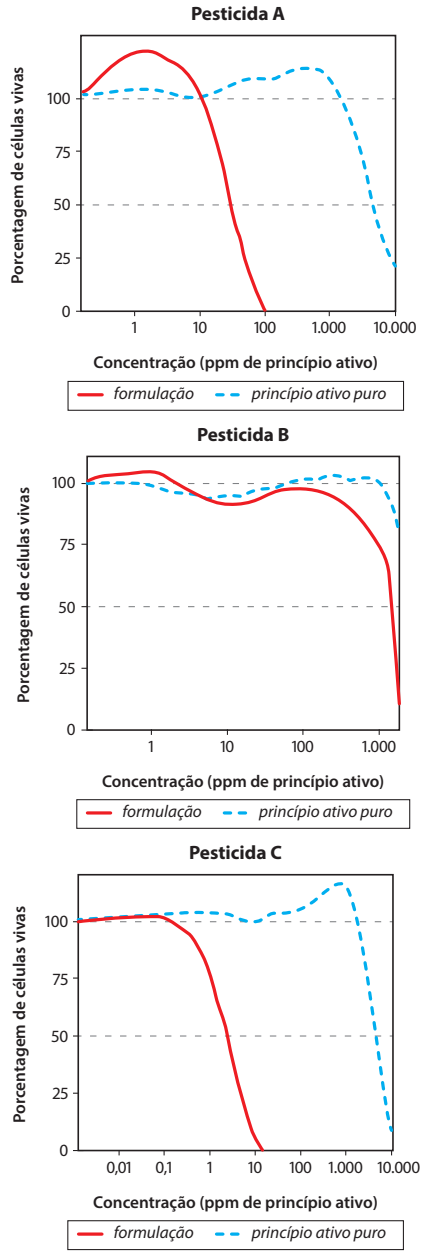
10. d

Que volume de larvicida deve conter o frasco plástico?

a. 10 mL
b. 50 mL
c. 100 mL
d. 200 mL
e. 500 mL

11. (Unicamp-SP) Em um estudo recente, que avaliou a toxicidade em células humanas de pesticidas eficazes no combate a pragas, comenta-se: "pesticidas são usados no mundo todo como misturas denominadas formulações. Essas misturas contêm adjuvantes, frequentemente mantidos como confidenciais e chamados de inertes pela indústria produtora. As formulações também incluem um princípio ativo, que é frequentemente testado sozinho."

A figura a seguir mostra parte dos resultados obtidos no referido estudo.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: adaptado de SÉRALINI, G.-E. *et al*. Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles. **BioMed Research International**, p. 1-8, 26 fev. 2014.

a. Considerando as informações dadas, indique em qual condição experimental as células humanas foram mais afetadas. Justifique sua resposta com base nos gráficos.

b. O parágrafo 11 do artigo 3º do PL nº 6.299, de 2002 (conhecido como "Lei do Veneno"), estabelece: "As condições a serem observadas para a autorização de uso de pesticidas de controle ambiental e afins deverão considerar os limites máximos de resíduos estabelecidos nas monografias de ingrediente ativo publicadas pelo órgão federal de saúde." Pensando na saúde humana, que recomendação técnica você daria a um deputado que fosse votar essa lei, especificamente para esse parágrafo? Justifique levando em conta as informações dos gráficos e do enunciado.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 9

Solubilidade e precipitação

MULTIART/SHUTTERSTOCK

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), é importante restringir a ingestão de óleos, como os usados para fazer frituras, e de gorduras, como a manteiga, pois são alimentos altamente calóricos que podem contribuir para obesidade e problemas cardiovasculares.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A água é vital para o funcionamento do corpo humano e atua como solvente em diversos processos fisiológicos. Algumas das substâncias presentes em nosso organismo são solúveis em água, e outras não. Entre as substâncias imiscíveis em água, estão aquelas encontradas em óleos e gorduras presentes na alimentação.

Durante a digestão de óleos e gorduras, suas moléculas são transformadas em outras menores por meio de reações químicas na presença de enzimas. Para isso, os óleos e as gorduras ingeridos devem ser dispersos em fluidos polares do organismo, formados principalmente por água. O processo de digestão envolve diferentes órgãos e, no intestino delgado, as lipases (enzimas) atuam na digestão de lipídios.

A digestão de óleos e gorduras só é possível em razão da bile, um agente tensoativo biológico que dispersa líquidos imiscíveis entre si, formando emulsões. A bile é considerada um agente tensoativo porque atua reduzindo a tensão superficial da água. Após a emulsificação, as lipases dissolvidas no meio aquoso do intestino conseguem agir, catalisando o processo de digestão.

Os agentes tensoativos também podem ser sintéticos como o sabão e o detergente, usados para remover restos de óleos e gorduras presentes em louças e em outros recipientes. Neste capítulo, serão apresentados os agentes tensoativos e também os aspectos relacionados à solubilidade e à precipitação de diferentes compostos.

1. Solubilidade e curva de solubilidade

Considere um béquer com 100 g de água pura, a 20 °C e 1 atm. Nessa amostra, adicionam-se porções de cloreto de potássio (sal de fórmula KCl, sólido de aspecto semelhante ao do NaCl), agitando muito bem com um bastão de vidro após cada adição. A Figura 1 esquematiza o procedimento e informa a massa de sal dissolvida na água e a massa não dissolvida, após cada adição e agitação.

Como se constata pelos dados da figura, 34,0 g é o máximo de KCl que se dissolve em 100 g de água, a 20 °C e 1 atm, por adição direta do soluto ao solvente seguida de agitação. Todo KCl adicionado além de 34,0 g não se dissolve, depositando-se no fundo do frasco e constituindo uma fase sólida que, nesse contexto, é denominada **corpo de fundo**, ou **corpo de chão**.

Define-se **solubilidade**, ou **coeficiente de solubilidade**, como a máxima quantidade de um soluto que conseguimos dissolver em uma quantidade especificada de solvente, a dada pressão e temperatura, formando uma solução estável. No caso em questão, podemos concluir que a solubilidade do KCl em água é de 34,0 g por 100 g de água, a 20 °C e 1 atm.

Utilizam-se alguns termos para designar as soluções, dependendo da concentração de soluto:

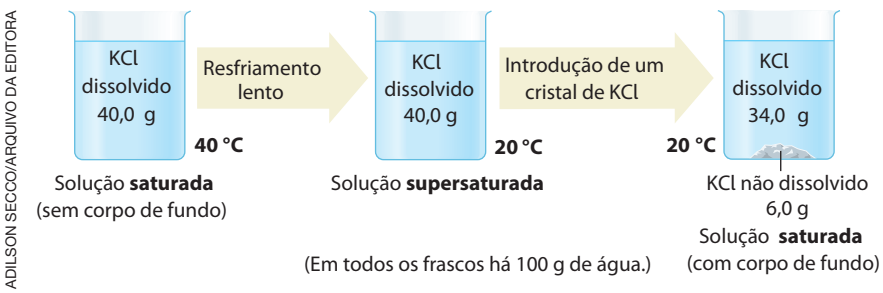
Solução saturada é a que apresenta concentração igual à solubilidade, ou seja, apresenta a maior concentração possível de um soluto em um solvente que forma uma solução estável a determinada pressão e temperatura.

Solução não saturada, ou **insaturada**, é aquela que apresenta concentração inferior à da solução saturada.

Repetindo o experimento da Figura 1, porém a 30 °C, constatou-se que a solubilidade do KCl nessa nova temperatura é 37,0 g do sal por 100 g de água. Repetindo o experimento em outras temperaturas, foi possível elaborar uma lista de valores de solubilidade como a que consta no Quadro 1.

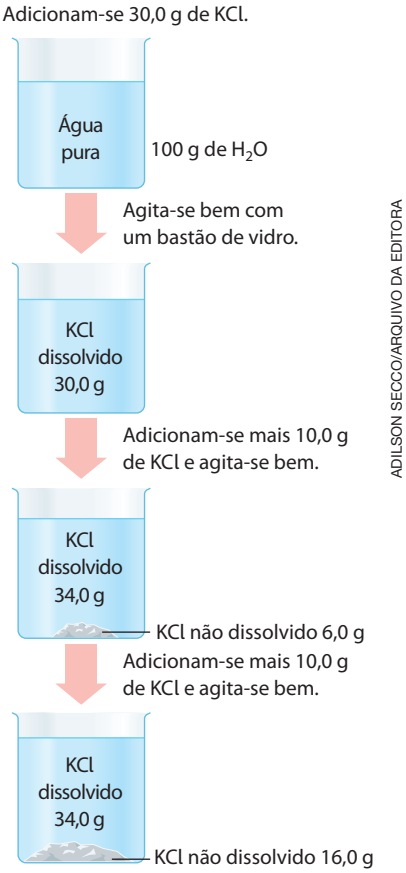
Vamos agora analisar outro experimento, começando com 100 g de água a 40 °C e 1 atm. Nessas condições, de acordo com o Quadro 1, podem-se dissolver 40,0 g de KCl em 100 g de água, formando uma solução saturada. Se essa solução for resfriada até 20 °C, durante o resfriamento haverá a **precipitação** de KCl, ou seja, a formação de KCl sólido. Isso ocorre porque, a 20 °C, 100 g de água podem dissolver estavelmente apenas 34 g de KCl.

No entanto, se esse procedimento for repetido várias vezes, com resfriamento bem lento, pode-se, eventualmente, presenciar um fenômeno interessante: chegar a 20 °C sem que haja precipitação (Fig. 2). Nesse caso, obteve-se uma **solução supersaturada**, aquela cuja concentração é superior ao limite estável. Essa solução não é estável, e isso pode ser evidenciado ao se introduzir nela um pequeno cristal de KCl sólido, o que imediatamente acarreta precipitação do KCl em excesso.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 2. Esquema de experimento em que se obtém uma solução supersaturada de KCl em água e, a seguir, provoca-se precipitação do excesso de soluto pela introdução de um cristal de KCl. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. Esquema de experimento, a 20 °C e 1 atm, em que se adicionam amostras de KCl a 100 g de água pura, mexendo bem com um bastão de vidro após cada adição. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Quadro 1. Solubilidade do KCl em água, em diversas temperaturas, a 1 atm

Temperatura (°C)	Solubilidade (g/100 g H_2O)
0	27,8
10	31,9
20	34,0
30	37,0
40	40,0
50	42,9
60	45,8
70	48,5
80	51,2
90	53,8
100	56,4

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 4. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 48.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quadro 2. Comparação das solubilidades de KCl e Li_2CO_3 a várias temperaturas

Temperatura (°C)	Solubilidade (g/100 g H_2O)	
	KCl	Li_2CO_3
0	27,8	1,56
10	31,9	1,45
20	34,0	1,35
30	37,0	1,26
40	40,0	1,16
50	42,9	1,08

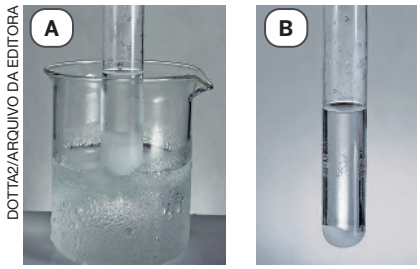
Solubilidade aumenta

Solubilidade diminui

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 4. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 48, 50.

Nem todos os solutos apresentam solubilidade em água crescente com o aumento da temperatura. Os dados do Quadro 2 evidenciam duas características bem distintas: a solubilidade do KCl aumenta com o aquecimento, e a do Li_2CO_3 (carbonato de lítio) decresce. O fato de a solubilidade do KCl aumentar com o aquecimento significa que, se aquecermos uma solução saturada com corpo de chão, este vai se dissolver progressivamente com a elevação da temperatura (Fig. 3). Já no caso do Li_2CO_3, o aquecimento provocaria aumento da massa do corpo de chão.

O gráfico da solubilidade de um soluto em um solvente em função da temperatura é denominado **curva de solubilidade**. Esses gráficos (Fig. 4) são úteis para analisar como a solubilidade varia com a temperatura e para comparar a solubilidade de diferentes solutos em uma mesma temperatura.

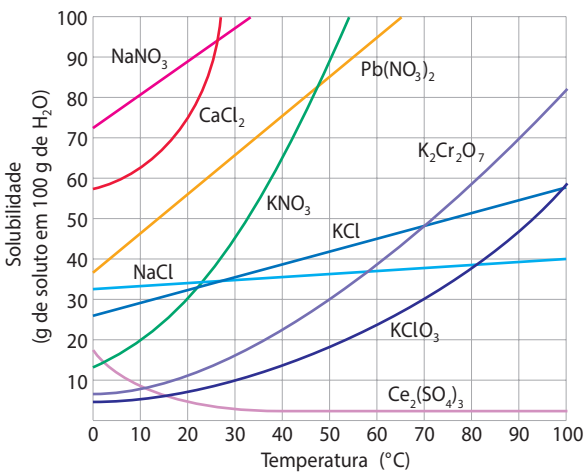


DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Uma solução aquosa de KCl que está dentro do tubo de ensaio com corpo de fundo (A) é resfriada usando um banho de água gelada (que está no béquer). Após aquecer o mesmo tubo de ensaio por alguns minutos em um banho de água morna, ocorre a diminuição da massa do corpo de fundo (B) em razão do aumento da solubilidade do sal em água.

Solubilidade de alguns sais em função da temperatura



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BROWN, T. L. *et al.* **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 626.

Figura 4. Curva de solubilidade em água de alguns sais, a 1 atm.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

O conceito de solubilidade é bastante relevante na produção de certas substâncias de interesse.

A obtenção de sacarose (açúcar de cana) a partir da garapa (caldo de cana) pode ser feita por evaporação da água. Para fins de raciocínio, considere que a concentração de sacarose em uma amostra de garapa seja de 165 g/L e que a solubilidade desse composto em água seja 660 g/L na temperatura em que o processo é realizado. A quanto deve ser reduzido o volume dessa solução, por evaporação da água, para que surjam os primeiros cristais de sacarose sólida?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. (UFAM) Adicionando-se soluto a um solvente, chega-se a um ponto em que o solvente não mais consegue dissolver o soluto. Nesse ponto a solução torna-se:
1. d

a. supersaturada.
b. concentrada.
c. fraca.
d. saturada.
e. diluída.

2. (Unievangélica-GO) O coeficiente de solubilidade de um sal é de 40 g por 100 g de água a 80 °C.
2. b
A massa em gramas desse sal, nessa temperatura, necessária para saturar 70 g de água é:

a. 18
b. 28
c. 36
d. 40
e. 70

3. (Unifor-CE) A 30 °C, a solubilidade do nitrato de prata em água é de 3.000 g por quilograma da água. Adiciona-se, a 30 °C, 2.000 g desse sal a 500 g de água, agita-se vigorosamente e depois filtra-se. Qual a massa da solução saturada obtida?
3. c

a. 1.000 g
b. 1.500 g
c. 2.000 g
d. 2.500 g
e. 3.000 g

4. O mel é uma mistura de água com diversos açúcares, entre eles glicose, cuja solubilidade em água cresce com o aumento de temperatura.

> "Muitos tipos de mel são supersaturados com relação à glicose, com a potencialidade de que ela cristalize espontaneamente a temperatura ambiente."
>
> **Fonte:** ASSIL, H. A. *et al.* **Journal of Food Science**. v. 56, n. 4, 1991. p. 1034. (Tradução dos autores)

Popularmente, diz-se que o mel "açucarou" quando se formam cristais sólidos a partir dele.

BILLION PHOTOS/SHUTTERSTOCK

Mel recentemente extraído.

JIANG HONGYAN/SHUTTERSTOCK

Mel açucarado.

a. Explique, em termos científicos, o que ocorre quando o mel "açucara".
b. Guardar mel na geladeira pode evitar o "açucaramento"? Apresente argumentos que embasem sua resposta.

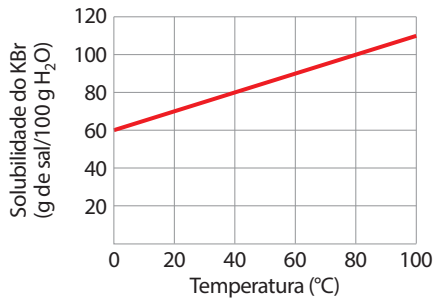
5. Qual é a menor massa de água necessária para dissolver completamente 9,0 g de nitrato de potássio, KNO_3, a 10 °C? (Consulte na Figura 4 do capítulo as informações eventualmente necessárias.)

6. Admitindo que não haverá formação de solução supersaturada, determine a massa de clorato de potássio ($KClO_3$) que precipitará se 260 g de uma solução saturada desse sal a 70 °C forem resfriados a 30 °C. Para resolver, consulte a Figura 4 do capítulo e apresente o raciocínio utilizado. (E perceba que a **massa** fornecida é de **solução**!)

7. Na temperatura *T*, uma amostra de 150 g de dicromato de potássio, $K_2Cr_2O_7$, foi totalmente dissolvida em 500 g de água, por adição e agitação. Consulte a Figura 4 do capítulo e responda: o que se pode afirmar sobre o valor de *T*? Explique.

8. Considere o gráfico a seguir.

Curva de solubilidade do KBr

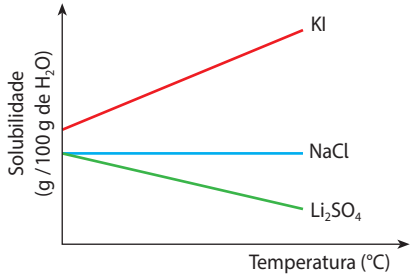


ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ZUMDAHL, S. S.; ZUMDAHL, S. A.; DECOSTE, D. J. **Chemistry**: an atoms first approach. 3. ed. Boston: Cengage, 2021. p. 421.

Se acrescentarmos 100 g de KBr a 100 g de água a 20 °C, obteremos uma solução saturada com corpo de chão. Aquecendo esse sistema lentamente, a que temperatura o corpo de chão se solubilizará completamente?

9. (PUC-RJ) Observe a figura a seguir, que representa a solubilidade, em g por 100 g de H_2O, de três sais inorgânicos em determinada faixa de temperatura.
9. c



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Indique a afirmativa correta:

a. A solubilidade dos três sais aumenta com a temperatura.
b. O aumento de temperatura favorece a solubilização do Li_2SO_4.
c. A solubilidade do KI é maior que as solubilidades dos demais sais, na faixa de temperatura dada.
d. A solubilidade do NaCl varia com a temperatura.
e. A solubilidade de dois sais diminui com a temperatura.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os experimentos das fotos envolvem íons extremamente tóxicos (Ag^+ e Pb^{2+}). Não se recomenda sua execução devido a essa periculosidade e à dificuldade de descarte apropriado dos resíduos. Aproveite para retomar com os estudantes a atividade do Capítulo 8 sobre toxicidade de metais pesados.

2. Precipitação de compostos iônicos inorgânicos

Ao misturar uma solução aquosa de nitrato de prata ($AgNO_3$) com uma de cloreto de sódio (NaCl), ocorre precipitação de cloreto de prata (AgCl), isto é, formação de cristais de AgCl sólidos (Fig. 5). Esse fenômeno pode ser relacionado a valores de solubilidade, como os listados no Quadro 3. Conforme se pode observar no Quadro 3, $AgNO_3$ e NaCl são compostos iônicos bastante solúveis em água, enquanto AgCl é pouquíssimo solúvel nesse solvente.

Na solução aquosa de nitrato de prata, há íons $Ag^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, e, na solução aquosa de cloreto de sódio, há íons $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$. Imediatamente após misturar as soluções, as concentrações de íons $Ag^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$ podem ultrapassar a solubilidade do AgCl, que, segundo o Quadro 3, é reduzidíssima: 0,00019 g/100 g de H_2O, a 25 °C e 1 atm. Em decorrência disso, ocorre a precipitação desse sal, como mostra a equação a seguir:

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$$

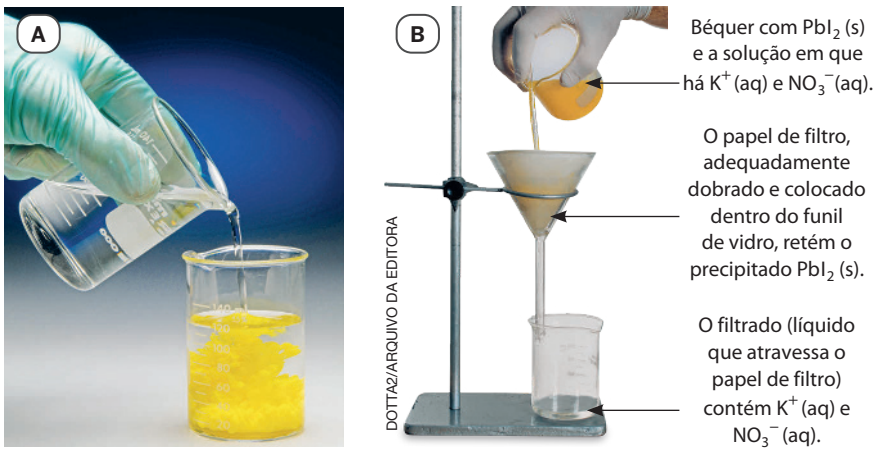
Essa equação química representa a reação química entre íons prata aquosos e íons cloreto aquosos, formando cloreto de prata sólido. Nas soluções misturadas, também existem íons $Na^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, mas eles **não** reagem para formar $NaNO_3$. Isso tem relação com o fato de a solubilidade desse sal ser elevada, conforme se constata no Quadro 3. Então, $Na^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$, apesar de presentes, não participam da reação que ocorre, que envolve a formação de AgCl.

Considere, agora, a mistura de soluções aquosas de KNO_3 e NaCl. Em relação ao procedimento da Figura 5, apenas substituiu-se $AgNO_3$ por KNO_3. Nesse caso, não se observaria precipitação, pois os íons $Na^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$ não formariam $NaNO_3$, tampouco os íons $K^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$ reagiriam para formar KCl (s), o que pode ser verificado com base no valor de solubilidade desses sais em água (Quadro 3).

Outro exemplo de precipitação (Fig. 6.A) ocorre quando soluções aquosas de nitrato de chumbo(II) ($Pb(NO_3)_2$) e iodeto de potássio (KI) são misturadas. Imediatamente, há formação de iodeto de chumbo(II) (PbI_2), precipitado amarelo. Consultando o Quadro 3, você pode verificar que $Pb(NO_3)_2$ e KI são muito solúveis em água e PbI_2 é pouquíssimo solúvel. Também é possível constatar, com base nesse quadro, que KNO_3 é muito solúvel e, portanto, $K^+(aq)$ e $NO_3^-(aq)$ não precipitam como $KNO_3(s)$, nas condições do experimento. A equação química da precipitação é:

$$Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow PbI_2(s)$$

Em laboratório, quando há necessidade de separar precipitado e solução, pode ser realizada uma filtração (Fig. 6.B).



CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 6. Precipitação de PbI_2 fotografada quando se adicionou solução aquosa de $Pb(NO_3)_2$ à solução aquosa de KI (A). O precipitado pode ser separado da solução por filtração (B).

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. Precipitação de AgCl observada ao adicionar uma solução aquosa de $AgNO_3$ a uma solução aquosa de NaCl. Se, após a reação, o sistema for deixado em repouso, os cristais tendem a se depositar no fundo do recipiente.

Quadro 3. Solubilidade em água de alguns compostos iônicos, a 25 °C e 1 atm (exceto nos casos indicados)

Composto	Solubilidade (g/100 g de H_2O)
Muito solúveis em água	
$AgNO_3$	234
$FeSO_4$	29,5
$Fe_2(SO_4)_3$	440*
KCl	35,5
KI	148
KNO_3	38,3
NaCl	36,0
$NaNO_3$	91,2
$Pb(NO_3)_2$	59,7
Pouquíssimo solúveis em água	
AgCl	0,00019
AgBr	0,000014
AgI	0,000003
$BaCO_3$	0,0014*
$BaSO_4$	0,00031*
$CaCO_3$	0,00066*
$CaSO_4$	0,205
$Fe(OH)_2$	0,000052*
$Mg(OH)_2$	0,00069*
$PbCl_2$	1,08
$PbBr_2$	0,975
PbI_2	0,076

* Nesses casos, valores medidos a 20 °C e 1 atm.

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 4. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 2-12.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Muitas fontes de informação, incluindo de literatura técnica universitária, costumam se referir a compostos muito solúveis em água (por exemplo, $AgNO_3$, NaCl, $Pb(NO_3)_2$ e KI) como "solúveis em água". Também costumam se referir a compostos pouquíssimo solúveis em água (por exemplo, AgCl e PbI_2) como "insolúveis em água"*. Tenha sempre em mente que o uso desses termos é uma **simplificação**: a expressão "solúvel" significa que tem elevada solubilidade, e a terminologia "insolúvel" indica que a solubilidade do composto é baixíssima. Para um tratamento quantitativo rigoroso, devem-se consultar e utilizar valores numéricos de solubilidade.

São diversos os fatores que determinam a solubilidade de um composto iônico em água. Entre eles estão o tamanho dos íons, sua carga e as interações estabelecidas entre eles e as moléculas do solvente. A influência desse conjunto de fatores é difícil prever e, em função disso, informações obtidas a partir de experimentos, como as apresentadas no Quadro 4, são úteis para fazer **previsões qualitativas**. Em trabalhos de alta precisão e, principalmente, se as soluções misturadas tiverem baixas concentrações de solutos, as previsões feitas com base nessas informações podem não ser adequadas. Nesses casos, são necessários cálculos utilizando a teoria dos equilíbrios químicos (Capítulo 15).

Utilizando o Quadro 4, pode-se prever, por exemplo, que ao misturar:

- $CaCl_2(aq)$ e $Na_2CO_3(aq)$ pode ocorrer precipitação de $CaCO_3$ (Fig. 7.A):

$$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$$

- $BaCl_2(aq)$ e $K_2SO_4(aq)$ pode ocorrer precipitação de $BaSO_4$ (Fig. 7.B):

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$$

- $AgNO_3(aq)$ e KI(aq) pode ocorrer precipitação de AgI (Fig. 7.C):

$$Ag^{+}(aq) + I^{-}(aq) \rightarrow AgI(s)$$

- $FeCl_3(aq)$ e NaOH(aq) pode ocorrer precipitação de $Fe(OH)_3$ (Fig. 7.D):

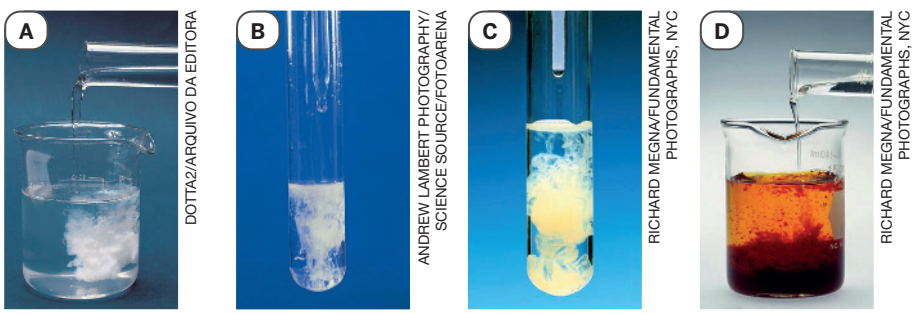
$$Fe^{3+}(aq) + 3\,OH^{-}(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s)$$

Analise esses exemplos e as respectivas fotos. Além disso, procure determinar, em cada caso, quais são os íons presentes no meio aquoso, mas que não participam da reação química de precipitação.

Quadro 4. Informações gerais simplificadas de solubilidade de alguns compostos iônicos em água

São geralmente muito solúveis os compostos contendo o ânion	Exceções importantes (pouquíssimo solúveis)
NO_3^- (nitrato) ou CH_3COO^- (acetato)	–
Cl^- (cloreto), Br^- (brometo) ou I^- (iodeto)	se o cátion for Ag^+, Hg_2^{2+} ou Pb^{2+}
SO_4^{2-} (sulfato)	se o cátion for Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Hg_2^{2+} ou Pb^{2+}
São geralmente pouquíssimo solúveis os compostos contendo o ânion	**Exceções importantes (muito solúveis)**
OH^- (hidróxido)	se o cátion for NH_4^+, alcalino, Ca^{2+}, Sr^{2+} ou Ba^{2+}
S^{2-} (sulfeto)	se o cátion for NH_4^+, alcalino, Ca^{2+}, Sr^{2+} ou Ba^{2+}
CO_3^{2-} (carbonato)	se o cátion for NH_4^+ ou alcalino
PO_4^{3-} (fosfato)	se o cátion for NH_4^+ ou alcalino

Fonte: GILBERT, T. R. *et al*. **Chemistry**: an Atoms-Focused Approach. 3. ed. Nova York: Norton, 2020. p. 360.



Valem aqui, para os experimentos das fotos B e C, os mesmos comentários feitos anteriormente com referência a íons de metais pesados, no caso Ba^{2+} e Ag^+.

Figura 7. Precipitações de: (A) $CaCO_3$, (B) $BaSO_4$, (C) AgI e (D) $Fe(OH)_3$.

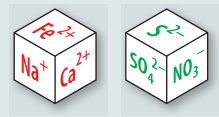
* Não há concordância na literatura acerca de uma definição rigorosa do que seja um composto iônico "solúvel" ou "insolúvel". Diversos autores de livros universitários consideram que um sal solúvel é aquele cuja solubilidade é da ordem de 0,01 mol/L ou maior. Ao expressar isso em g/L, o valor dependerá da massa molar do soluto em questão. Por exemplo, a 25 °C, para NaCl (aq), 0,01 mol/L equivale a 0,585 g/L; para $AgNO_3$ (aq), equivale a 1,69 g/L, e, para AgCl (aq), equivale a 1,43 g/L. Com efeito, as solubilidades experimentalmente determinadas de NaCl e $AgNO_3$ (Quadro 3), a 25 °C, são muito maiores que 0,01 mol/L, enquanto a do AgCl é muito menor que isso. Raciocínios similares possibilitam realizar as divisões entre substâncias muito solúveis e substâncias pouquíssimo solúveis apresentadas nos Quadros 3 e 4.
Por exemplo, BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 180.; ROBINSON, J. K.; MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. **Chemistry**. 8. ed. Hoboken: Pearson, 2020. p. 125.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Estudantes criaram um jogo com dois dados, um com os cátions Na^+, K^+, NH_4^+, Pb^{2+}, Ca^{2+} e Fe^{2+} nas faces e outro com os ânions NO_3^-, CH_3COO^-, Cl^-, SO_4^{2-}, S^{2-} e PO_4^{3-} nas faces.



Dois jogadores participam decidindo previamente que um pontuará com "solúvel" e o outro com "insolúvel". Eles lançam os dados, alternadamente, 10 vezes. Em cada lançamento, verificam se o sal constituído do cátion e do ânion sorteados é solúvel ou insolúvel. O resultado dá 1 ponto ao jogador correspondente. Ganha quem obtiver mais pontos.

Contudo, existe um problema: um dos jogadores terá probabilidade muito maior de vencer!

O trabalho do grupo é demonstrar por que as chances não são iguais e apresentar com clareza uma argumentação.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

10. Cálculos renais são misturas formadas por sais que precipitam dentro dos rins. Existem diferentes tipos, sendo um deles constituído de fosfato de cálcio, que se forma na reação entre íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} aquosos. Represente essa reação por meio de uma equação química. Com base nessas informações, você diria que o fosfato de cálcio é solúvel em água? Justifique sua resposta.

11. O cromato de chumbo(II), pigmento amarelo que foi utilizado em tintas para obras artísticas (hoje não é mais utilizado devido à sua toxicidade), é um precipitado que se forma quando são misturadas uma solução aquosa contendo íons chumbo(II) e uma solução aquosa contendo íons cromato (CrO_4^{2-}). Equacione a reação química envolvida.

12. O sulfeto de zinco, pigmento branco utilizado na fabricação de tintas, é obtido por precipitação ao se misturar uma solução aquosa que contenha cátions zinco e outra contendo ânions sulfeto. Equacione a reação química de precipitação.

13. Ao misturar soluções aquosas de $Pb(NO_3)_2$ e NaCl, observa-se a formação de um precipitado. Identifique o precipitado e equacione a reação química que ocorre.

Observação: Nesta atividade e nas seguintes, para identificar o precipitado formado, consulte os Quadros 3 ou 4 deste capítulo se considerar necessário.

14. Quando se misturam soluções aquosas de $AgNO_3$ e KCl, observa-se a formação de um precipitado. Identifique o precipitado e equacione a reação química envolvida.

15. Ao misturar soluções aquosas de $Pb(NO_3)_2$ e $(NH_4)_2SO_4$, observa-se a formação de um precipitado. Identifique o precipitado e equacione a reação química em questão.

16. Dois frascos sem rótulo contêm líquidos incolores. Sabe-se que um desses líquidos é uma solução aquosa de NaCl, e o outro, uma solução aquosa de $CaCl_2$. Qual dos seguintes reagentes você poderia utilizar para descobrir qual solução está em cada frasco?

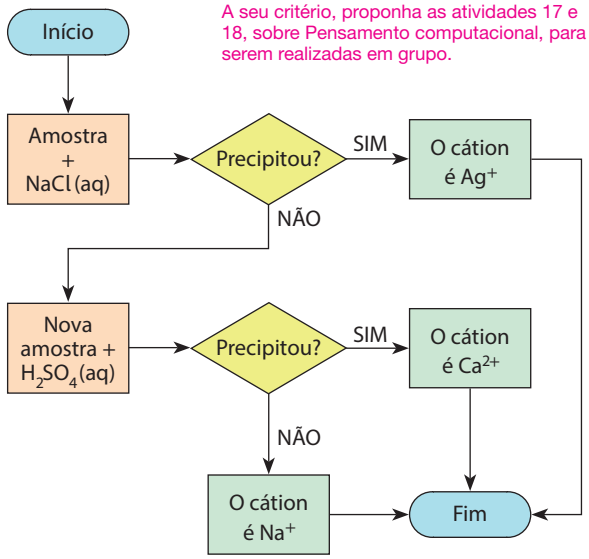
I. Solução aquosa de KBr.

II. Solução aquosa de $AgNO_3$.

III. Solução aquosa de Na_2SO_4.

17. Um grupo de estudantes elaborou o seguinte fluxograma como ponto de partida para criar um programa de computador que, fundamentado em resultados de experimentos, conclui se uma solução aquosa é de $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$ ou $AgNO_3$, ou seja, determina qual é o cátion presente.

A seu critério, proponha as atividades 17 e 18, sobre Pensamento computacional, para serem realizadas em grupo.



a. Consultando o Quadro 4 deste capítulo, verifique se o raciocínio está correto ou se necessita correção.

b. Equacione as reações de precipitação envolvidas.

18. Você foi incumbido de elaborar um fluxograma que indique se uma solução aquosa é de NaCl, Na_2CO_3 ou $NaCH_3COO$, ou seja, qual é o ânion presente (cloreto, carbonato ou acetato), utilizando resultados de testes com $Pb(NO_3)_2$ (aq) e/ou $Ca(NO_3)_2$ (aq). Elabore-o e argumente em favor de sua resposta, incluindo as equações químicas pertinentes.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Solubilidade de compostos orgânicos

Grupos hidrófobos, grupos hidrófilos e solubilidade

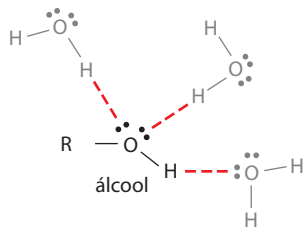
Os compostos orgânicos englobam a maioria das substâncias compostas do elemento químico carbono. Os álcoois são compostos orgânicos em que há grupo hidroxila (— OH) ligado covalentemente a um átomo de carbono saturado (aquele que estabelece somente ligações simples). Os dados do Quadro 5 indicam que a solubilidade de álcoois em água diminui com o aumento da cadeia carbônica. O grupo — OH possibilita o estabelecimento de ligações de hidrogênio com moléculas de água (Fig. 8) e isso faz com que o metanol (CH_3OH), o etanol (CH_3CH_2OH) e o propan-1-ol ($CH_3CH_2CH_2OH$) sejam totalmente miscíveis nesse solvente, em quaisquer proporções, sendo esse o significado do termo "ilimitada" que consta no Quadro 5 para se referir à solubilidade desses compostos.

Quadro 5. Solubilidade de alguns álcoois em água, a 25 °C e 1 atm.

Álcool	Solubilidade (g/100 g de H_2O)
CH_3OH	ilimitada
CH_3CH_2OH	ilimitada
$CH_3CH_2CH_2OH$	ilimitada
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	7,9
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	2,2
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	0,6

Uma revisão abrangente para professores é dada em MARTINS, C. R. *et al*. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 3. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 28, 40, 52; *Idem*: seção 10. p. 37, 48, 54.



Fonte: CAREY, F. A. *et al*. **Organic Chemistry**. 11. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2020. p. 183.

Figura 8. Representação esquemática de ligações de hidrogênio (em tracejado vermelho) possíveis entre um álcool e a água. R indica o restante da molécula do álcool, constituído dos elementos carbono e hidrogênio.

Para os álcoois em questão, com exceção do grupo hidroxila, o restante da molécula é constituído de carbono e hidrogênio, da mesma forma que um hidrocarboneto apolar. O aumento do número de átomos de carbono faz com que o caráter apolar passe a predominar cada vez mais na molécula e a solubilidade do composto em água diminua, como se verifica para os demais álcoois do Quadro 5.

De modo geral, podemos dizer que, em moléculas orgânicas, quanto maior o número de átomos de carbono na parte apolar, menor a solubilidade da substância em água. Por outro lado, grupos que estabelecem ligações de hidrogênio com a água, como — OH, — NH_2 (amino), — OCH_3 (metóxi), $\rangle C{=}O$ (carbonila) e — COOH (carboxila), contribuem para que o composto seja solúvel em água.

As partes **apolares** de uma molécula são chamadas **grupos hidrófobos**, ou **hidrofóbicos** (palavra que vem do grego e significa "aversão à água"). Sua presença contribui para que o composto **não** se dissolva bem em água (seja hidrófobo), mas se dissolva bem em óleos e gorduras, ou seja, apresente **lipofilia** (palavra que também vem do grego e significa "afinidade por gordura"), tendência à dissolução em lipídios.

Os grupos **polares** de uma molécula, sobretudo os que possibilitam estabelecer ligações de hidrogênio com a água, são chamados de **grupos hidrófilos**, ou **hidrofílicos**. Quanto maior o número deles, maior será a tendência de a substância se solubilizar em água.

A tendência de compostos moleculares se dissolverem em solventes polares ou apolares deve-se à formação de intensas interações entre soluto e solvente que liberam energia suficiente para compensar a energia absorvida no rompimento de interações que existiam entre as partículas do soluto e entre as partículas do solvente, antes da solubilização. Além disso, a solubilidade também depende de fatores associados à desorganização da matéria durante o processo de solubilização.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

SAÚDE

Vitaminas hidrossolúveis e vitaminas lipossolúveis

Vitaminas são nutrientes indispensáveis à nossa saúde, pois atuam na regulação de processos metabólicos vitais. Elas podem ser classificadas em dois grupos de acordo com sua solubilidade em água. As vitaminas **hidrossolúveis** são aquelas que se dissolvem bem em água, mas não em óleos e gorduras, característica decorrente da presença de grupos hidrófilos na molécula. As vitaminas do complexo B e a vitamina C (Fig. 9) são exemplos de vitaminas hidrossolúveis.

As vitaminas **lipossolúveis** são aquelas que se dissolvem bem em óleos e gorduras, mas não em água, o que decorre da predominância da parte hidrocarbônica nas suas moléculas. As vitaminas A (Fig. 10), D, E e K são exemplos de vitaminas lipossolúveis.

Se ingeridas além da quantidade necessária, as vitaminas hidrossolúveis tendem a ser eliminadas na urina (solução aquosa). As lipossolúveis, por sua vez, são pouco solúveis na água e não são tão facilmente excretadas. Se consumidas em excesso, elas podem se acumular na parte gordurosa do organismo e causar hipervitaminose. O excesso de vitamina A, por exemplo, pode causar uma hipervitaminose caracterizada por danos ao fígado, aos rins e aos ossos.

Uma alimentação equilibrada fornece todas as vitaminas de que um ser humano saudável necessita. É importante salientar que suplementos vitamínicos **somente devem ser consumidos sob orientação e acompanhamento médico**.

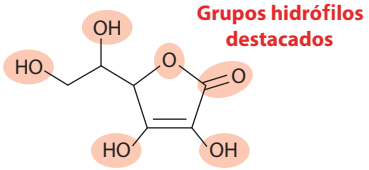


Figura 9. Fórmula estrutural da vitamina C (ou ácido ascórbico) destacando os grupos hidrófilos responsáveis pela hidrossolubilidade dessa substância.

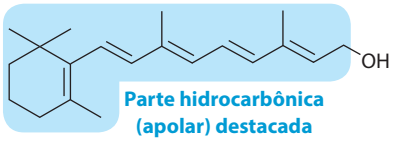


Figura 10. Fórmula estrutural da vitamina A (ou retinol) destacando a parte hidrocarbônica hidrófoba que faz com que esse composto seja lipossolúvel.

Substâncias anfifílicas: sabões e detergentes

A água por si só não remove certos tipos de sujeira, por exemplo, restos de óleo ou gordura. Isso acontece porque as moléculas de água são polares e moléculas presentes em óleos e gorduras costumam ter caráter predominantemente apolar. Nesses casos, o sabão atua na limpeza porque interage tanto com substâncias polares quanto com substâncias apolares.

Ácidos carboxílicos são compostos orgânicos que apresentam o grupo carboxila (—COOH), cujo hidrogênio é ionizável. Ácidos graxos são ácidos carboxílicos de cadeia longa, geralmente com 12 ou mais átomos de carbono. Os **sabões são sais orgânicos formados a partir de ácidos graxos** e geralmente apresentam cátion sódio (Fig. 11) ou potássio.

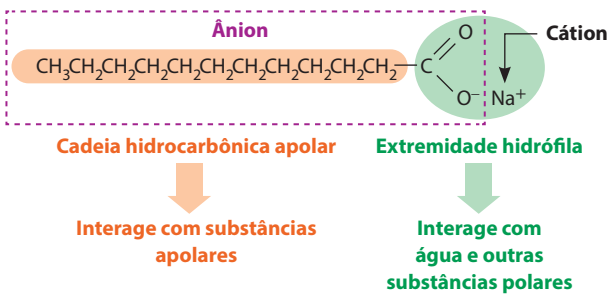


Figura 11. Fórmula estrutural de um exemplo de sabão mostrando a cadeia apolar, que é hidrófoba, e a extremidade polar, que é hidrófila.

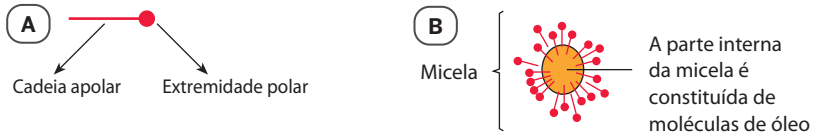
ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

O sabão é um exemplo de substância **anfifílica**, ou **anfipática**, pois seu ânion apresenta uma parte hidrófoba (lipofílica) e uma parte hidrófila (lipofóbica), podendo interagir simultaneamente com substâncias apolares e polares.

Ao lavarmos um prato sujo de óleo utilizando água e sabão, por exemplo, formam-se **micelas**, estruturas constituídas de ânions de sabão envolvendo pequenina porção de moléculas de óleo. Na micela, os ânions do sabão estão orientados com a cadeia apolar direcionada para dentro (interagindo atrativamente com o óleo) e a extremidade aniônica ($—COO^-$) para fora (interagindo atrativamente com a água). Ao enxaguar o prato, as micelas são dispersas na água e levadas por ela.

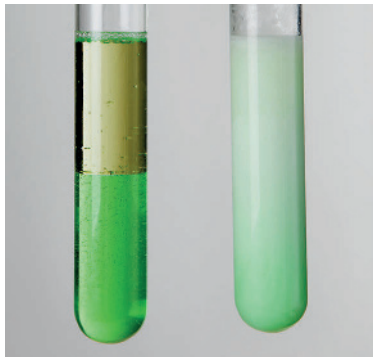
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A formação de micelas é chamada **emulsificação**. Nesse processo, o ânion do sabão atua como **emulsificante**, ou **emulsionante** (Fig. 12). As emulsões são formadas pela dispersão de um líquido em outro (no qual não é miscível) sob ação de um emulsificante (Fig.13). Diversas emulsões são feitas com água e materiais oleosos, como é o caso da maionese e de alguns cremes cosméticos.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 12. (A) Representação simplificada para o ânion do sabão, que atua como emulsificante. (B) Representação esquemática de uma micela. A cadeia apolar do ânion do sabão interage com o óleo (que está na parte interna da micela) e a extremidade hidrófila interage com a água. Cada micela tem, em geral, diâmetro de algumas dezenas de nanômetros (1 nm = $1 \cdot 10^{-9}$ m). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



DOTTA2/NEXT IMAGE

Figura 13. Amostra de detergente em água e amostra de óleo colocadas em um mesmo tubo de ensaio antes (esquerda) e depois (direita) de uma agitação prolongada. O detergente, assim como o sabão, promove a **emulsificação** do óleo.

Os detergentes sintéticos atuam da mesma maneira que os sabões, porém diferem deles na composição química. Atualmente, existem muitos tipos de detergente com estruturas diferentes, mas que possuem em comum uma longa cadeia apolar e uma extremidade polar. Os detergentes sintéticos podem ser **aniônicos** (Fig. 14.A) ou **catiônicos** (Fig. 14.B), conforme a carga do íon orgânico responsável pela limpeza seja, respectivamente, negativa ou positiva. Existem, também, detergentes **não iônicos** (Fig. 14.C).

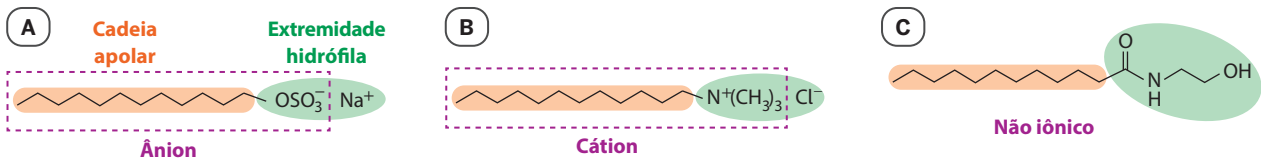
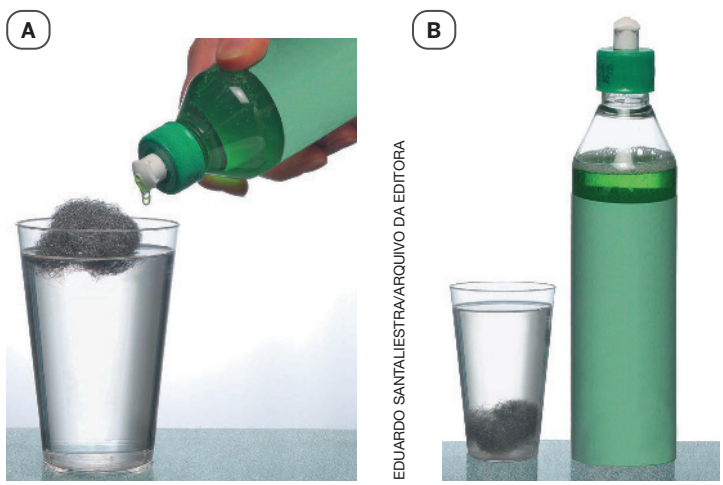


Figura 14. Exemplos de detergentes sintéticos: aniônico (A), catiônico (B) e não iônico (C).

As ligações de hidrogênio entre as moléculas de água são responsáveis pela sua alta tensão superficial (Capítulo 6). Os sabões ou detergentes interferem nas interações entre as moléculas de água localizadas na superfície do líquido, reduzindo sua tensão superficial. Por isso, eles são denominados **agentes tensoativos**, ou **surfactantes** (ou, ainda, **surfatantes**).

Esse efeito ocorre porque, quando adicionados à água, esses agentes formam uma monocamada (fina camada com a espessura de uma molécula) na superfície, diminuindo a atração entre as moléculas de H_2O. Quando isso acontece, as partes hidrocarbônicas ficam voltadas para o ar, enquanto as partes polares se comportam como se estivessem dissolvidas na água. A ação do tensoativo pode ser evidenciada por meio de um experimento como o descrito na Figura 15.



EDUARDO SANTALIESTRA/ARQUIVO DA EDITORA

EDUARDO SANTALIESTRA/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 15. Um pedaço de palha de aço, novo e limpo, apesar de ser mais denso que a água, não afunda por causa da elevada tensão superficial desse líquido (A). Duas gotas de detergente são suficientes para reduzir a tensão superficial e causar o afundamento da palha de aço (B).

Duas interessantes sugestões de leitura para estudantes e professores: FELIPE, L. O.; DIAS, S. C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017; NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Química Nova**, v. 25, n. 5, p. 772-776, 2002.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Movimento provocado por um agente tensoativo

Objetivo

Constatar a movimentação de um pedaço de papel sobre a água causada por adição de detergente ao líquido.

Material (para cada grupo)

- tigela quadrada ou retangular, de plástico ou vidro, totalmente limpa e seca, sem resíduos de óleo, de sabão ou detergente, com profundidade de ao menos 2 centímetros e com laterais (do retângulo ou do quadrado) com ao menos 20 centímetros, preferencialmente transparente (mas pode ser opaca e de metal ou cerâmica)
- papel sulfite ou papel de caderno
- régua, lápis e tesoura
- água limpa
- detergente

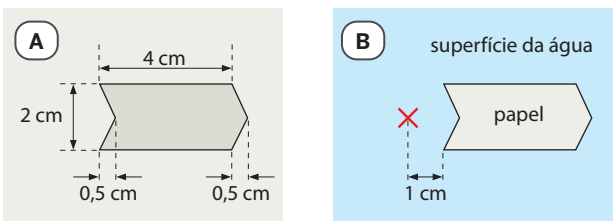


Figura 16. Dimensões da figura de papel (A) e local, indicado pelo xis, em que o detergente deve ser gotejado (B).

Procedimento

1. Tracem no papel a figura indicada na Figura 16.A e recortem-na. Embora essa figura seja plana, vamos nos referir a ela como barquinho.
2. Coloquem água na tigela até 1 centímetro de altura e, com cuidado, coloquem o barquinho, horizontalmente, na parte central da superfície da água. Notem que ele não afunda.
3. Atenção ao realizar esta etapa, para não deixarem de observar o que acontecerá com o barquinho. Pinguem uma gota de detergente a cerca de 1 centímetro do barquinho, na posição indicada pelo xis vermelho na Figura 16.B. Registrem o que aconteceu.

Conclusões

Fundamentados nas observações realizadas no experimento e nos conhecimentos adquiridos neste capítulo, proponham uma **explicação** para o que foi observado. Pesquisem, se necessário, e troquem ideias sobre sua explicação com os outros grupos e discutam-na com o professor.

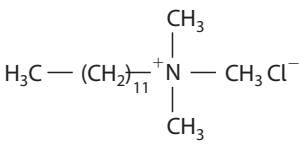
A seguir, elaborem um relatório dessa atividade prática. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*.) No relatório, lembrem-se de apresentar as conclusões tiradas, **argumentando** com base em princípios da Química e usando vocabulário adequado.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Em destaque

Detergentes catiônicos

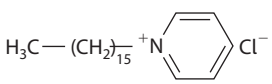
Os detergentes catiônicos do tipo sal de amônio quaternário possuem efeito germicida, isto é, matam microrganismos (germes), tais como bactérias e fungos.



Exemplo de um sal quaternário de amônio que age como detergente catiônico

Por esse motivo, alguns produtos desinfetantes para uso sanitário (Fig. 17) contêm no rótulo inscrições do tipo "ingrediente ativo: quaternário de amônio".

Outra interessante aplicação dos detergentes catiônicos está nos líquidos para enxaguar e higienizar a boca. Alguns deles contêm cloreto de cetilpiridínio, que atua como detergente na remoção das sujeiras que se acumulam nos dentes e contribuem para a formação da placa bacteriana. Sua fórmula estrutural é:



cloreto de cetilpiridínio

RATMANER/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 17. Sais quaternários de amônio são usados como germicidas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Impacto ambiental de sabões e detergentes

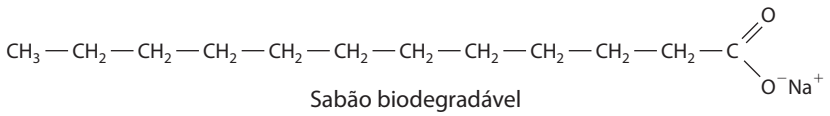
MEIO-AMBIENTE ODS 6

Diariamente, sabões e detergentes usados nas residências atingem o sistema de esgotos e acabam indo parar em rios e lagos. Lá, com o movimento das águas, formam uma camada de espuma na superfície, que impede a entrada de oxigênio, essencial para a vida dos peixes.

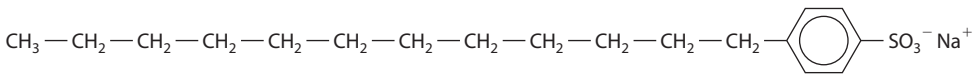
As aves aquáticas também são muito prejudicadas com a poluição da água por sabões e detergentes. Elas possuem um revestimento de óleo em suas penas e boiam na água graças à camada de ar que fica presa debaixo delas. Quando esse revestimento é removido, essas aves não conseguem mais boiar.

Após algum tempo, esses resíduos de sabões são decompostos sob a ação dos microrganismos que vivem no ambiente aquático. A esse processo damos o nome de **biodegradação**. **Todo sabão é biodegradável**, pois existem muitos microrganismos capazes de degradá-los.

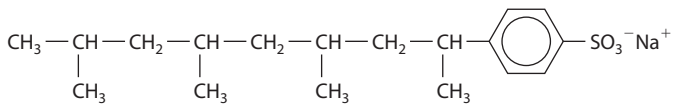
Já os detergentes sintéticos podem ou não ser biodegradáveis. Experiências mostram que **os detergentes de cadeia carbônica não ramificada são biodegradáveis**, ao passo que **os de cadeia ramificada não são**. A legislação atual exige que os detergentes sejam biodegradáveis.



Sabão biodegradável

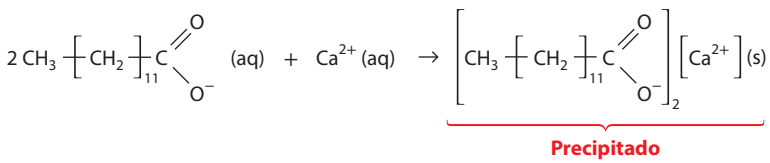


Detergente biodegradável



Detergente não biodegradável

Em certas regiões, a água é rica em íons Ca^{2+} e/ou Mg^{2+}. Esse tipo de água é chamado de **água dura**. Nela, os sabões não atuam de modo satisfatório, pois ocorre uma reação entre esses cátions e o ânion do sabão, formando um precipitado (composto insolúvel). Isso pode diminuir ou até mesmo anular completamente a eficiência da limpeza.



Para resolver esse problema, os fabricantes adicionam ao produto uma substância conhecida como **agente sequestrante**, cuja função é precipitar os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} antes que eles precipitem o sabão. Um dos agentes sequestrantes mais usados é o tripolifosfato de sódio $Na_5P_3O_{10}$.

Há, no entanto, um inconveniente no uso desses agentes. Eles são nutrientes de algas e cianobactérias e, quando vão parar em um lago, favorecem a proliferação delas. O aumento exagerado da quantidade desses seres fotossintetizantes impede a entrada de luz solar. As algas e cianobactérias do fundo morrem (por falta de luz) e começam a sofrer decomposição, o que consome oxigênio da água, e, consequentemente, acarreta a morte dos peixes. Esse processo é chamado de **eutrofização** ou **eutroficação** do ambiente aquático (Fig. 18).

FABIO COLOMBINI/ ARQUIVO DO FOTÓGRAFO

Figura 18. Lagoa em processo de eutrofização, no Pantanal, município de Miranda (MS), 2022. A cor verde se deve à proliferação de cianobactérias.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

PCBs e DDT: poluentes lipossolúveis persistentes no ambiente

Entre os poluentes, há diversos compostos produzidos artificialmente pelo ser humano. Quando dispersos no ambiente, alguns **não** são decompostos por processos naturais, por exemplo, sob a ação de microrganismos. Nesse caso, o poluente é considerado **não biodegradável**.

Um exemplo são os bifenilas policlorados (Fig. 19), ou PCBs (sigla proveniente do nome em inglês, *polychlorinated biphenyl*), usados no século passado na fabricação de transformadores elétricos, capacitores, plásticos e tintas. Quando liberados no ambiente, são espalhados pelo vento e pela água e absorvidos por organismos vivos, nos quais se acumulam porque são altamente solúveis nos lipídios corporais. Esse acúmulo nos tecidos de um organismo vivo de substâncias estranhas a ele, provenientes do meio externo, é chamado **bioacumulação**.

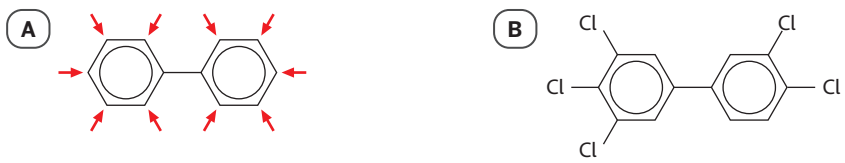


Figura 19. Se um ou mais átomos de hidrogênio do hidrocarboneto bifenila (A), que existem nas posições indicadas pelas setas, forem substituídos por átomos de cloro, a partir de reações químicas, podem ser obtidos 209 diferentes compostos, coletivamente denominados bifenilas policlorados (PCBs). Um exemplo com altíssimo grau de toxicidade é mostrado em (B).

Em locais contaminados por PCBs, cientistas verificaram aumento progressivo de sua concentração nos organismos que constituem os diferentes níveis tróficos de uma cadeia alimentar, fenômeno conhecido como **bioamplificação**, ou **biomagnificação**. Um estudo realizado nos Grandes Lagos (situados entre Canadá e Estados Unidos), em meados dos anos 1990, quando havia 0,000002 ppm desses compostos na água, evidenciou a bioamplificação de tais substâncias na seguinte cadeia alimentar:

fitoplâncton	→	zooplâncton	→	peixes pequenos	→	truta	→	gaivota
0,0025 ppm		0,123 ppm		1,04 ppm		4,83 ppm		124 ppm

Outro exemplo de poluente não biodegradável é o DDT (Fig. 20), inseticida que foi usado, em diversas partes do planeta, no combate a mosquitos transmissores da malária e a insetos que atacam plantações. Apesar de sua eficiência como inseticida, foi constatado que o DDT persistia no ambiente por muitos anos e era bioacumulado em razão de sua alta solubilidade em lipídios. Além de tóxico, o DDT interfere na reprodução e no desenvolvimento de diversas espécies animais. Em aves contaminadas, por exemplo, a casca dos ovos torna-se mais fina e pode quebrar durante a chocagem.

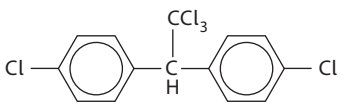


Figura 20. Fórmula estrutural do 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano, composto também denominado **d**icloro-**d**ifenil-**t**ricloroetano, de onde deriva a sigla pela qual é mais conhecido: DDT.

Assim como os PCBs, o DDT é bioamplificado nas cadeias alimentares. Um estudo feito em local onde havia 10 ppm de DDT no solo revelou que a concentração subia para 141 ppm em minhocas e para 444 ppm no cérebro de pássaros que delas se alimentavam. Hoje, o DDT é proibido em muitos países ou tem uso restrito ao combate de insetos vetores durante epidemias de algumas doenças, como a malária.

Além de PCBs e DDT, diversos outros **compostos organoclorados** (compostos do elemento químico carbono contendo o elemento químico cloro) foram banidos ou têm o uso restringido por causa de sua persistência no ambiente e dos impactos que podem acarretar. Para conhecer outros casos, você pode pesquisar, por exemplo, pela expressão **poluentes orgânicos persistentes**.

Uma sugestão de leitura para professores (que pode ser encontrada na internet mediante busca pelo título) sobre poluentes orgânicos persistentes no Brasil é: JARDIM, W. F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1976-1985, 2007.

Estudo publicado em **The Great Lakes, an Environmental Atlas and Resource Book**. 3. ed. Ontario/Chicago: Environment Canada and U. S. Environmental Protection Agency, 1995. Décadas após o encerramento da produção, PCBs ainda existem no ambiente (cf. MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. **Living in the environment**. 19. ed. Boston: Cengage, 2018.)

Comente com os estudantes que o verbo **dedetizar** (aplicar inseticida, desinsetizar), que está dicionarizado, originou-se da expressão "aplicar DDT".

Estudo realizado em 1965, auge da utilização agrícola de DDT nos Estados Unidos, citado em DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. **Principles of Environmental Engineering and Science**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2014. Uma revisão sobre o tema está em D'AMATO, C. *et al*. DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

ODS 15

Rachel Carson (Fig. 21) desempenhou relevante papel na conscientização sobre determinados problemas ambientais criados ou agravados pelo ser humano. Em seu livro mais conhecido, *Silent spring*, traduzido para o português com o título de *Primavera silenciosa*, expôs de modo contundente o uso indiscriminado de pesticidas e os problemas que esse uso acarretava. Após sua publicação, a pressão da opinião pública estadunidense desencadeou uma série de desdobramentos que culminou com o fim da fabricação e do uso do DDT em seu país. Posteriormente, os governos de outros países fizeram o mesmo.

Em 2012, a American Chemical Society, associação que congrega a comunidade química estadunidense, reconheceu o livro como um marco histórico para o desenvolvimento do movimento ambiental moderno.

Investiguem, em fontes confiáveis, mais informações sobre Rachel Carson, seu livro *Primavera silenciosa* e a importância de ambos. Produzam um episódio de *podcast* que divulgue o tema (sugestões estão na seção *Educação midiática*, a seguir). Não deixem de falar também sobre o DDT e os problemas ambientais que ele pode provocar.

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/SHUTTERSTOCK

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/SHUTTERSTOCK

Figura 21. A bióloga e escritora estadunidense Rachel Louise Carson (1907-1964), em fotos de 1962.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

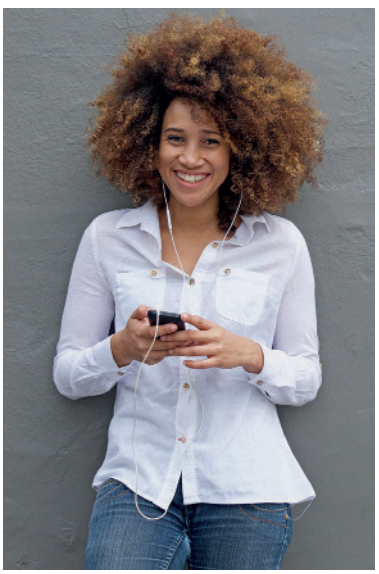
Podcast: informação quando e onde quiser

Caso considere conveniente sugerir aos estudantes conhecer esse *podcast*, o endereço é indicado no Suplemento para o professor.

Em 2024, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) criou um espaço chamado *ABCDEnergia* para informar o público sobre temas relacionados ao setor de energia. Especialistas de várias áreas e convidados gravaram uma série de episódios em áudio, disponibilizados em uma plataforma na internet. Em outras palavras, foi criado um *podcast*.

Os *podcasts* são um tipo de mídia feito com base em arquivos digitais de áudio. Muitas pessoas os comparam a transmissões de rádio – e o estilo muitas vezes se parece com elas –, mas, diferentemente dos programas de rádio, os *podcasts* podem ser ouvidos no momento em que o ouvinte desejar, dependendo apenas de um clique no celular ou computador e de uma conexão com a internet (Fig. 22). Essa comodidade é um dos fatores de destaque dos *podcasts*.

Tendo como principal objetivo disseminar informações e opiniões, é difícil imaginar um tema que já não tenha sido abordado por *podcasts*. Justamente por essa variedade, eles representam uma influente ferramenta de comunicação digital. Muitas vezes, o tema das transmissões é pensado unicamente com o intuito de atingir o maior público possível, valorizando o espaço que será vendido para a publicidade de marcas, produtos e serviços. Essa influência do mercado sobre a informação, e também a proliferação de conteúdos sem o devido embasamento, reforça a necessidade de sempre avaliar criticamente esse tipo de mídia.



MIMAGEPHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK

Figura 22. Os *podcasts* se popularizaram, entre outros motivos, porque podem ser ouvidos em uma diversidade de situações.

A construção de um *podcast*

Existem alguns aspectos essenciais para quem deseja criar um *podcast*. A seguir, apresentamos um breve tutorial.

CONTINUA

Escolher o motivo

Por que criar um *podcast*?

A principal razão deve ser o impacto positivo do *podcast* na vida dos ouvintes. Deve-se escolher um tema que seja realmente importante para o público a que se destina. Além disso, o assunto deve ser de domínio dos autores ou de fácil pesquisa em fontes confiáveis de informação.

É aconselhável ouvir vários *podcasts* para identificar os diferentes estilos, pesquisar quais são os mais ouvidos e por quê.

JACOB LUND/SHUTTERSTOCK

Figura 23. Um dos formatos possíveis para *podcast* é o de entrevista ou de bate-papo.

Definir o projeto

É importante descrever o *podcast*: qual o estilo narrativo, a duração e a periodicidade, além de escolher um nome apropriado para ele.

Em quase todos os formatos, a tendência tem sido uma comunicação mais informal, voltada ao público jovem, quase como uma conversa.

Apresentamos alguns formatos a seguir.

- **Entrevista** – pessoas são convidadas para esclarecer ou debater um tema (Fig. 23). É um formato conveniente quando a intenção é aprofundar conhecimentos de determinada área. Quanto maior o reconhecimento ou a notoriedade do convidado, maior a credibilidade da entrevista.
- **Informativo** – se assemelham a telejornais, falando sobre atualidades.
- **Educacional** – são estruturados em forma de curso, em que cada episódio traz informações que contribuem para aprofundar o conhecimento sobre um tema.
- ***Storytelling*** – narrativas, geralmente em primeira ou terceira pessoa, sobre fatos reais ou fictícios, separadas em capítulos.

Pensar nos elementos

Definido o estilo do *podcast*, é possível escolher trilhas e efeitos sonoros. Alguns desses elementos de áudio podem constituir vinhetas para o programa, ou seja, sons que marcam entradas, blocos e transições entre eles, e que logo devem ser reconhecidos e lembrados pelos ouvintes.

Para cada episódio, é importante elaborar um roteiro, um guia para o *podcast*. Pode-se incluir uma apresentação, tópicos e questões para os entrevistados, momentos de descontração etc. O roteiro e as vinhetas trazem segurança para quem conduz o *podcast* e alguma regularidade que ajuda a caracterizar o estilo da produção e fazer com que esse estilo seja reconhecido pelos ouvintes.

Providenciar equipamentos

Para começar, é suficiente um celular ou outro equipamento que permita gravação digital. É importante que o ambiente seja silencioso e no qual o som não reverbere. A reverberação prejudica o áudio e faz com que os ouvintes se desinteressem.

Para fazer a edição – cortes, adição de vinhetas e efeitos sonoros – é necessário um programa específico para **edição de som**. Existem vários gratuitos, alguns para celular e outros para computador. É importante testar e aprender a usar os recursos do programa escolhido, usando tutoriais disponíveis na internet.

Salas totalmente vazias, sem móveis, tapetes nem cortinas, com paredes de alvenaria ou revestimentos cerâmicos favorecem a reverberação, pois o som é refletido diversas vezes nas superfícies antes de ser absorvido, fazendo com que o som das sílabas pareça mais prolongado. Ao contrário, salas com materiais que absorvam bem o som (cortinas, divisórias, tapetes, carpetes, madeiras, persianas, móveis, objetos pendurados em paredes) evitam que ele reverbere. Uma dica para diminuir a reverberação é pendurar lençóis ou cobertores nas paredes próximas, pois eles absorvem o som, diminuindo as sucessivas reflexões e, consequentemente, atenuando a reverberação.

Gravar

O ideal é ensaiar o roteiro e gravar um **piloto**, isto é, um episódio de teste. O piloto serve para avaliar o desempenho, a abordagem do assunto e a qualidade do áudio. É útil mostrar a outras pessoas, especialmente do público que se deseja atingir, e avaliar se é preciso fazer ajustes na duração e no encadeamento. Se tudo estiver certo, é hora de produzir os episódios!

Publicar

Essa fase consiste em escolher uma plataforma na internet para publicar o *podcast*. É necessário divulgá-lo, e uma das maneiras de fazer isso é participar de *podcasts* de outras pessoas e convidá-las a participar do seu.

Para efeito da elaboração de um episódio de *podcast* referente à *Atividade em grupo* sobre a cientista Rachel Carson, não há a necessidade de que os estudantes postem em uma plataforma de *podcasts*. Avalie a conveniência e, se considerar mais adequado, estabeleça como forma de entrega para você apenas o arquivo de áudio (por exemplo, em formato mp3, que é fácil de ser reproduzido em diversos equipamentos).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

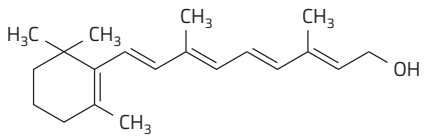
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

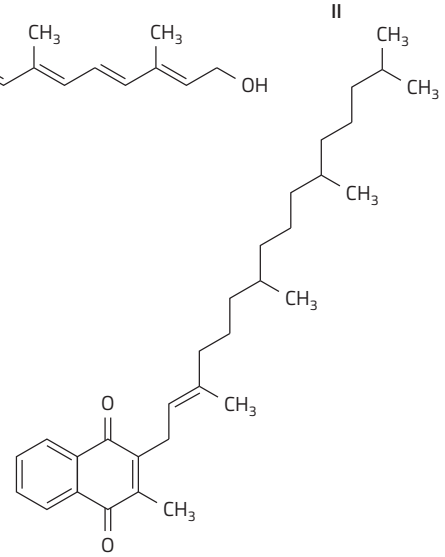
19. (Enem) O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade. Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.

19. c

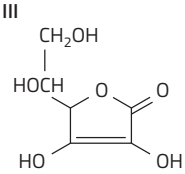
I



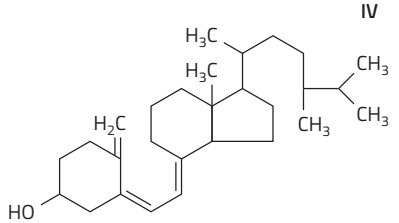
II



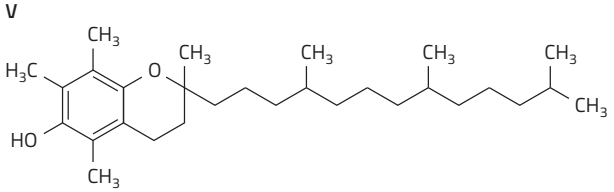
III



IV



V



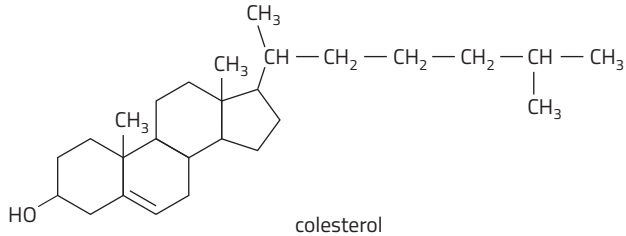
Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é

a. I. **b.** II. **c.** III. **d.** IV. **e.** V.

20. Após se formar em Química, uma jovem estava em processo seletivo para trabalhar em uma indústria que produz suplementos vitamínicos. Na prova escrita, foram fornecidas as fórmulas estruturais da piridoxina (vitamina B_6) e do alfa-tocoferol (vitamina E) e perguntou-se qual delas seria mais indicada como componente de um produto comercializado em cápsulas preenchidas com azeite, no qual algumas vitaminas estão dissolvidas.

Pesquise as fórmulas estruturais, transcreva-as no caderno e proponha uma resposta apropriada à pergunta, com argumentos pertinentes.

21. O colesterol é uma substância produzida por nosso organismo e que faz parte da constituição de diversas membranas biológicas. Também está presente em determinados alimentos de origem animal e, se ingerido em excesso, pode contribuir para problemas de saúde, por exemplo, a obstrução de artérias, que prejudica a oxigenação de órgãos e tecidos. A fórmula estrutural do colesterol é apresentada a seguir. Conclua se essa substância é solúvel em água ou não, justificando em que se fundamenta sua conclusão.



colesterol

22. (Unicamp-SP) Uma prática de limpeza comum na cozinha consiste na remoção da gordura de panelas e utensílios como garfos, facas etc. Na ação desengordurante, geralmente se usa um detergente ou um sabão. Esse tipo de limpeza resulta da ação química desses produtos, dado que suas moléculas possuem

22. b

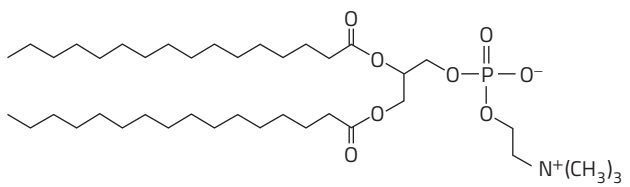
a. uma parte com carga, que se liga à gordura, cujas moléculas são polares; e uma parte apolar, que se liga à água, cuja molécula é apolar.

b. uma parte apolar, que se liga à gordura, cujas moléculas são apolares; e uma parte com carga, que se liga à água, cuja molécula é polar.

c. uma parte apolar, que se liga à gordura, cujas moléculas são polares; e uma parte com carga, que se liga à água, cuja molécula é apolar.

d. uma parte com carga, que se liga à gordura, cujas moléculas são apolares; e uma parte apolar, que se liga à água, cuja molécula é polar.

23. O funcionamento saudável dos nossos pulmões requer a presença de surfactantes nos alvéolos pulmonares. Esses surfactantes são sintetizados pelo próprio corpo humano, e o mais conhecido deles tem a fórmula estrutural mostrada a seguir. Reproduza-a no caderno e indique a parte que interage com água e a parte que interage com estruturas apolares.



surfactante pulmonar

24. A presença de sabões e detergentes como poluentes do meio aquático acarreta diversos problemas, alguns decorrentes da camada de espuma que se forma em lagos e rios. Considerando as formas de vida que existem nesses ambientes, aponte duas consequências da espuma para a vida aquática.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

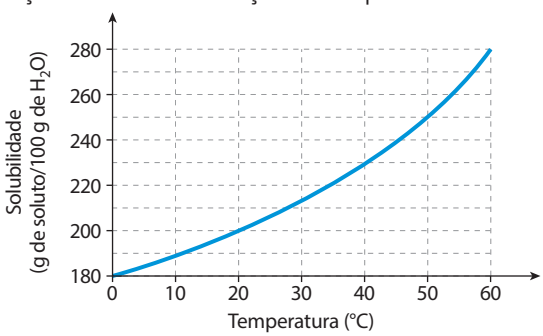
Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (UFRGS-RS) Um experimento é realizado em duas etapas. 1. d
Etapa 1: A 200 mL de água destilada contidos em um copo são adicionadas quantidades crescentes de NaCl. Essa mistura é agitada intensa e vigorosamente, até que se observe a precipitação de cristais de NaCl que não mais solubilizam.
Etapa 2: À mistura obtida na Etapa 1 são acrescentados alguns cristais de $KMnO_4$. Após algum tempo, observa-se que a fase líquida adquire uma coloração violácea característica do permanganato de potássio.
A análise desse experimento permite concluir que

a. a fase líquida obtida ao final da Etapa 2 é uma solução supersaturada.
b. o NaCl e o $KMnO_4$ devem apresentar os mesmos valores de coeficiente de solubilidade.
c. a solubilização do $KMnO_4$ na Etapa 2 só foi possível porque a solução líquida obtida na Etapa 1 estava insaturada.
d. a solução líquida obtida na Etapa 1, embora esteja saturada de NaCl, ainda mantém a possibilidade de solubilizar $KMnO_4$.
e. a fase líquida obtida ao final da Etapa 2 não pode ser considerada uma solução, porque foram utilizados dois solutos com propriedades diferentes.

2. (Unifor-CE) O gráfico seguinte dá a solubilidade em água do açúcar de cana em função da temperatura. 2. c



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

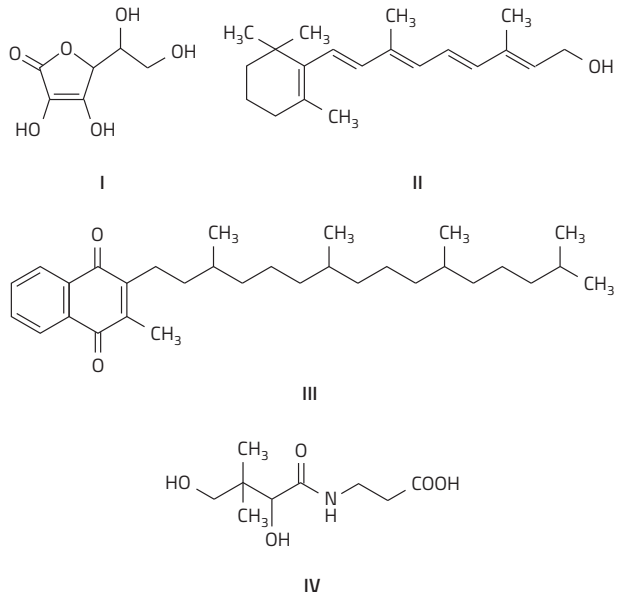
Adicionou-se açúcar a 100 g de água a 50 °C até não mais o açúcar se dissolver. Filtrou-se a solução. O filtrado foi deixado esfriar até 20 °C. Qual a massa aproximada de açúcar que precipitou (restou insolúvel)?

a. 100 g **c.** 50 g **e.** 20 g
b. 80 g **d.** 30 g

3. (Unifor-CE) A formação de hidróxido de alumínio resultante da reação de um sal desse metal com uma base pode ser representada por: 3. c

a. $Al^{+} + OH^{-} \rightarrow Al(OH)$
b. $Al^{2+} + 2\ OH^{-} \rightarrow Al(OH)_2$
c. $Al^{3+} + 3\ OH^{-} \rightarrow Al(OH)_3$
d. $Al^{4+} + 4\ OH^{-} \rightarrow Al(OH)_4$
e. $Al^{5+} + 5\ OH^{-} \rightarrow Al(OH)_5$

4. (Fuvest-SP) Alguns alimentos são enriquecidos pela adição de vitaminas, que podem ser solúveis em gordura ou em água. As vitaminas solúveis em gordura possuem uma estrutura molecular com poucos átomos de oxigênio, semelhante à de um hidrocarboneto de longa cadeia, predominando o caráter apolar. Já as vitaminas solúveis em água têm estrutura com alta proporção de átomos eletronegativos, como o oxigênio e o nitrogênio, que promovem forte interação com a água. A seguir estão representadas quatro vitaminas: 4. e



Dentre elas, é adequado adicionar, respectivamente, a sucos de frutas puros e a margarinas, as seguintes:

a. I e IV. **c.** III e IV. **e.** IV e II.
b. II e III. **d.** III e I.

5. (Enem) No processo de industrialização da mamona, além do óleo que contém vários ácidos graxos, é obtida uma massa orgânica, conhecida como torta de mamona. Esta massa tem potencial para ser utilizada como fertilizante para o solo e como complemento em rações animais devido a seu elevado valor proteico. No entanto, a torta apresenta compostos tóxicos e alergênicos diferentemente do óleo da mamona. Para que a torta possa ser utilizada na alimentação animal, é necessário um processo de descontaminação. 5. b

Fonte: CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; NETO, S. C. A revolução verde da mamona. **Revista Química Nova na Escola**. v. 32, n. 1, p. 3-8, 2010 (adaptado).

A característica presente nas substâncias tóxicas e alergênicas, que inviabiliza sua solubilização no óleo de mamona, é a

a. lipofilia. **d.** cromatofilia.
b. hidrofilia. **e.** hiperpolarização.
c. hipocromia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 10

Quantidade de matéria e mol

WILL RODRIGUES/SHUTTERSTOCK

MULTICULTURALISMO

A capoeira é uma manifestação cultural brasileira que envolve música, dança e luta. Ela foi criada pelos africanos escravizados no Brasil como forma de preservar suas raízes e sua ancestralidade, bem como de lutar e resistir à dominação e à escravidão. Em 2014, a prática foi declarada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) patrimônio imaterial da humanidade.
Na foto, roda de capoeira em São Paulo, SP, 2016.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A energia requerida para o esforço muscular durante diferentes atividades físicas, como a capoeira, é obtida pela hidrólise de ATP, uma molécula produzida pelo organismo a partir de nutrientes energéticos provenientes da alimentação. Você faz ideia de quantas vezes, em média, uma mesma molécula de ATP é convertida em ADP e esta, novamente, em ATP? Neste capítulo, usando o conceito de quantidade de matéria, você conhecerá a resposta.

Objetos macroscópicos podem ser contados e, dessa forma, podemos falar, por exemplo, em cinco moedas, um par de meias ou duas dúzias de bananas. E contar átomos e moléculas, será possível? O que inviabiliza essa contagem de modo **direto** é que eles são extremamente pequenos, e isso dificulta visualizar e contar individualmente cada átomo de uma amostra macroscópica que, por menor que seja, contém um número imenso de moléculas e átomos. Contudo, o trabalho de diversos cientistas permitiu um meio **indireto** para realizar essa contagem.

Contar de modo indireto pode ser comparado a ter um grande lote de parafusos, todos de massa idêntica, e desejar saber quantos há ao todo. Utilizando uma balança esse número pode ser determinado, concorda?

Vamos exemplificar o procedimento. Digamos que uma fábrica produza parafusos de 5 g cada um. A produção mensal é de 100 kg de parafusos. Contá-los individualmente até seria possível, mas há um modo bem mais rápido para saber quantos parafusos são produzidos: 100 kg equivalem a $100 \cdot 10^3$ g, ou $1 \cdot 10^5$ g, isto é, 100.000 g (cem mil gramas). Dividindo pela massa de cada parafuso, 5 g, determinamos a produção mensal: $2 \cdot 10^4$, ou 20.000 (vinte mil) parafusos.

Neste capítulo, você aprenderá como consultar a tabela periódica para chegar ao valor da massa de átomos, de moléculas e de íons e como usar medidas de massa para avaliar quantos átomos, moléculas ou íons há em certa amostra de matéria. Aprenderá também o significado da grandeza quantidade de matéria e a utilidade da constante de Avogadro.

1. Massa atômica

No final do século XIX e início do século XX, os cientistas desenvolveram um equipamento denominado **espectrômetro de massa** (Fig. 1), que permite comparar a massa de átomos (e de moléculas) com um padrão de massa previamente estabelecido. Por convenção, o padrão escolhido foi um doze avos $\left(\text{isto é, } \frac{1}{12}\right)$ da massa do isótopo carbono-12, ou seja, $^{12}_{6}C$, que é o isótopo do elemento químico carbono com número de massa 12. Isótopos são átomos com o mesmo número de prótons (mesmo número atômico) e diferente número de nêutrons. Esse padrão é chamado **unidade de massa atômica unificada** e simbolizado por **u**.

A massa de um átomo é denominada **massa atômica**. Ela é determinada experimentalmente utilizando espectrômetros de massa e, por conveniência, expressa em u.

Dos elementos químicos, apenas 20 não apresentam dois ou mais isótopos naturais, ocorrendo na natureza como um único tipo de átomo. Suas massas atômicas, experimentalmente determinadas, são apresentadas na Tabela 1.

Perceba que **número de massa** não é a mesma coisa que **massa atômica**. O **número de massa** é a soma dos números de prótons e de nêutrons de um átomo, sendo, portanto, inteiro e desprovido de unidade. Já a **massa atômica** é a massa de um átomo medida por meios experimentais. Para expressá-la, usamos um numeral seguido de uma unidade que, por conveniência, é a unidade de massa atômica unificada (u). Assim, por exemplo, no caso do átomo $^{27}_{13}Al$ (Tabela 1), o número de massa é 27 e a massa atômica é 26,981539 u.

O valor da massa atômica não costuma ser inteiro, exceto no caso do isótopo $^{12}_{6}C$, cuja massa tem valor exato igual a 12 em decorrência da definição adotada para a unidade de massa atômica unificada. A massa dos demais átomos não é inteira por alguns motivos, entre eles o fato de a massa do nêutron não ser rigorosamente igual à do próton, mas cerca de 0,14% maior que ela.

Quando o valor não inteiro da massa de um átomo, em u, é arredondado para o número inteiro mais próximo, o resultado coincide numericamente com o número de massa, que, por sua vez, indica o total de prótons e nêutrons no núcleo desse átomo. Você pode comprovar isso analisando os dados da Tabela 1.

Digamos que seja necessário determinar quantos átomos de alumínio há, por exemplo, em uma amostra de 36 g de alumínio puro. Para isso, basta dividir a massa da amostra, 36 g, pela massa de um único átomo, ambas expressas na mesma unidade. Então, surge a pergunta: qual é a massa de um átomo de alumínio $\left(^{27}_{13}Al\right)$ expressa na unidade grama?

Para descobrir, necessitamos da relação entre grama (g) e unidade de massa atômica unificada (u). Por meios experimentais, os cientistas determinaram que $1\ g = 6{,}022140858 \cdot 10^{23}$ u.

Essa relação é frequentemente aproximada (como faremos neste livro) para:

$$1\ g = 6{,}0 \cdot 10^{23}\ u$$

Conhecendo essa relação, podemos converter a massa de um átomo de alumínio (27 u) para gramas, por meio de um raciocínio de proporcionalidade:

Massa em g		Massa em u
1 g	——	$6 \cdot 10^{23}$ u
x	——	27 u

$$\Rightarrow \boxed{x = 4{,}5 \cdot 10^{-23}\ g}$$

Então, a massa de um único átomo de alumínio é $4{,}5 \cdot 10^{-23}$ g, isto é, 0,000000000000000000000045 g! Para saber quantos átomos há em uma amostra de 36 g, dividimos essa massa por $4{,}5 \cdot 10^{-23}$ g, o que nos conduz a $8{,}0 \cdot 10^{23}$, ou seja, 800.000.000.000.000.000.000.000 átomos (800 sextilhões de átomos)!

SHAWN PATRICK OUELLETTE/ PORTLAND PRESS HERALD/ GETTY IMAGES

Figura 1. Pesquisadora posicionando mistura de moléculas em um dispositivo para análise de composição. O aparelho do centro da foto fraciona e vaporiza a amostra e, por meio de tubos, a injeta no espectrômetro de massa, na parte direita da foto. (Laboratório de análises bioquímicas, EUA, 2019.)

Tabela 1. Massa atômica dos 20 elementos químicos que não apresentam dois ou mais isótopos de ocorrência natural

Átomo	Massa atômica (u)
Berílio, $^{9}_{4}Be$	9,012183
Flúor, $^{19}_{9}F$	18,998403
Sódio, $^{23}_{11}Na$	22,989769
Alumínio, $^{27}_{13}Al$	26,981539
Fósforo, $^{31}_{15}P$	30,973762
Escândio, $^{45}_{21}Sc$	44,955908
Manganês, $^{55}_{25}Mn$	54,938044
Cobalto, $^{59}_{29}Co$	58,933194
Arsênio, $^{75}_{33}As$	74,921595
Ítrio, $^{89}_{39}Y$	88,905840
Nióbio, $^{93}_{41}Nb$	92,906378
Ródio, $^{103}_{45}Rh$	102,905498
Iodo, $^{127}_{53}I$	126,904472
Césio, $^{133}_{55}Cs$	132,905452
Praseodímio, $^{141}_{41}Pr$	140,907658
Térbio, $^{159}_{65}Tb$	158,925355
Hôlmio, $^{165}_{67}Ho$	164,930329
Túlio, $^{169}_{69}Tm$	168,934218
Ouro, $^{197}_{79}Au$	196,966569
Bismuto, $^{209}_{83}Bi$	208,980399

Fonte: COHEN, E. R. *et al*. **Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química**. (Livro Verde da IUPAC.) São Paulo: SBQ, 2018. p. 127-133.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A maioria dos elementos químicos apresenta-se na natureza como dois ou mais isótopos diferentes, cada um com sua massa atômica (Tabela 2).

O elemento boro, por exemplo, existe sob a forma de dois isótopos naturais, o boro-10 e o boro-11. O primeiro apresenta massa atômica de aproximadamente 10 u e abundância 20%; o segundo tem massa atômica próxima de 11 u e abundância 80%. Consideremos uma amostra de 100 átomos desse elemento, na qual há 20 átomos de boro-10 (isto é, 20% dos átomos na amostra) e 80 átomos de boro-11.

Massa aproximada de 20 átomos de 10 u = 20 · 10 u = 200 u

Massa aproximada de 80 átomos de 11 u = 80 · 11 u = 880 u

Massa total aproximada dos 100 átomos = 200 u + 880 u = 1.080 u

Se 100 átomos de boro têm massa atômica próxima de 1080 u, então cada átomo desse elemento tem, **em média**, massa 10,8 u. Esse cálculo é uma **média ponderada** e também poderia ter sido indicado da seguinte maneira:

$$\text{Massa média aproximada de um átomo de boro} = \frac{20 \cdot 10\ \text{u} + 80 \cdot 11\ \text{u}}{100} = 10{,}8\ \text{u}$$

A massa e a abundância dos isótopos naturais dos elementos químicos foram determinadas experimentalmente. Com base nelas, foram calculadas as massas médias de seus átomos, expressas em unidades de massa atômica unificada, denominadas **massas atômicas dos elementos químicos**. São elas que constam em tabelas periódicas, como a que está no final deste livro. No caso dos elementos relacionados na Tabela 1, a massa atômica do elemento é a própria massa desses átomos, já que não há necessidade de calcular a média ponderada.

Ter à disposição valores de massas atômicas dos elementos químicos possibilita quantificar os átomos existentes em uma amostra. Se desejássemos, por exemplo, saber quantos átomos há em 36 g de boro, bastaria realizar um cálculo semelhante ao que fizemos para o caso do alumínio, porém empregando a massa atômica do boro (10,8 u). Os dados de massas atômicas também possibilitam calcular a massa de moléculas e de íons, como estudaremos em seguida.

Tabela 2. Massa atômica e abundância dos isótopos naturais de alguns elementos químicos

Isótopo e abundância		Massa atômica (u)
$^{10}_{5}B$	(20%)	10,012937
$^{11}_{5}B$	(80%)	11,009305
$^{16}_{8}O$	(99,76%)	15,994915
$^{17}_{8}O$	(0,04%)	16,999132
$^{18}_{8}O$	(0,20%)	17,999160
$^{20}_{10}Ne$	(90,48%)	19,992440
$^{21}_{10}Ne$	(0,27%)	20,993847
$^{22}_{10}Ne$	(9,25%)	21,991385
$^{35}_{17}Cl$	(75,8%)	34,968853
$^{37}_{17}Cl$	(24,2%)	36,965903
$^{79}_{35}Br$	(50,7%)	78,918338
$^{81}_{35}Br$	(49,3%)	80,916290

Fonte: COHEN, E. R. *et al*. **Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química**. (Livro Verde da IUPAC.) São Paulo: SBQ, 2018. p. 127-133.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

No **final deste livro** há uma tabela periódica que **inclui valores de massas atômicas**. Use os dados da Tabela 2 e uma calculadora para confirmar que as massas atômicas (expressas, ao final do cálculo, com uma casa depois da vírgula) dos elementos químicos oxigênio, neônio, cloro e bromo apresentadas na tabela periódica mencionada estão corretas.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Quantas vezes a massa de um átomo de argônio-40 $\left(^{40}_{18}Ar\right)$ é maior que a massa de um átomo de hélio-4 $\left(^{4}_{2}He\right)$?

1. b

a. 40
b. 10
c. 9
d. 4
e. 2

2. Dentro de um cofrinho, uma criança tem 20 moedas de 3,6 g cada e 10 moedas de 3,9 g cada. Qual é a massa total das moedas desse cofrinho? E a massa média dessas moedas? Estabeleça um paralelo entre a resolução da situação proposta e o cálculo da massa atômica de um elemento químico com dois isótopos naturais.

3. O elemento químico cobre apresenta dois isótopos naturais. Um deles tem massa 63 u e abundância 69%, e o outro tem massa 65 u e abundância 31%.
Faça uma previsão se a massa atômica do elemento cobre deve ser maior ou menor que 64 u. Deixe claro o raciocínio envolvido.

4. Use os seguintes dados para mostrar que a massa atômica do elemento magnésio é 24,3 u.

- Magnésio-24, $^{24}_{12}Mg$, tem massa 24 u e abundância 79%.
- Magnésio-25, $^{25}_{12}Mg$, tem massa 25 u e abundância 10%.
- Magnésio-26, $^{26}_{12}Mg$, tem massa 26 u e abundância 11%.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUAÇÃO

Instrução para as atividades 5 e 6: apresente os dados que coletou na tabela periódica do final deste livro para responder e os argumentos em que se fundamenta sua resposta.

5. Aproximadamente quantas vezes a massa de um átomo de enxofre é maior que a massa de um átomo de oxigênio?

6. Aproximadamente quantas vezes a massa de um átomo de silício é menor que a de um átomo de urânio?

7. Medidas experimentais revelaram que a massa de um único átomo de sódio é 23 u, o que equivale a $3{,}8\ 10^{-23}$ g. Faça uma estimativa de quantos átomos de sódio existem em uma amostra de 19 g desse metal.

7. e

a. 1 bilhão de átomos.
b. 300 milhões de átomos.
c. 700 trilhões de átomos.
d. 900 quatrilhões de átomos.
e. 500 sextilhões de átomos.

2. Massa molecular, massa de um íon e massa fórmula

Os valores de massas atômicas permitem que realizemos o cálculo da massa de moléculas e de íons.

Denomina-se **massa molecular** a massa de uma molécula. Por conveniência, essa grandeza geralmente é expressa em unidades de massa atômica (u). Uma molécula de dióxido de carbono (CO_2), por exemplo, é constituída de um átomo de carbono (massa atômica aproximadamente 12 u) e dois átomos de oxigênio (massa atômica aproximadamente 16 u), e, assim, a massa molecular do CO_2 é aproximadamente $12\ u + 2 \cdot (16\ u) = 44\ u$.

Para calcular a **massa de um íon**, por exemplo Na^+ ou Cl^-, levamos em conta que a perda ou o recebimento de elétron(s) não altera significativamente a massa do átomo, já que um elétron tem massa centenas de vezes menor que um próton. Assim, por exemplo, como as massas atômicas do sódio e do cloro são, respectivamente, 23 u e 35,5 u, a massa do íon Na^+ será 23 u e a do Cl^- será 35,5 u.

Para compostos iônicos, que não são formados por moléculas, mas por íons, pode-se falar em **massa fórmula**, que é a massa do conjunto de íons que aparece na fórmula da substância. Por exemplo, a massa fórmula do cloreto de sódio (NaCl) é 58,5 u, valor obtido pela soma de 23,0 u (do Na^+) e 35,5 u (do Cl^-).

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Nas atividades a seguir, apresente os dados que coletou na tabela periódica do final deste livro para responder e os argumentos em que se fundamenta sua resposta.

8. Quantas moléculas de água têm massa comparável à de uma molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$)?

9. Qual das substâncias tem moléculas de maior massa: dióxido de carbono (CO_2), amônia (NH_3), etano (C_2H_6), silano (SiH_4) ou fosgênio ($COCl_2$)?

10. (Unifor-CE) Dos seguintes compostos, qual apresenta massa molecular igual a 30 u?

10. a

a. C_2H_6 **c.** NH_3 **e.** N_2O_3
b. PH_3 **d.** NO_2

11. Comente a seguinte afirmação, dizendo se concorda ou não com ela: "As moléculas têm massa maior que os átomos".

12. Qual é a massa de um átomo de alumínio que está eletricamente neutro? E de um íon Al^{3+}?

13. Qual é a massa de um átomo de ouro que está eletricamente neutro? E de um íon Au^+? E de um íon Au^{3+}?

14. Qual é a massa de um átomo de enxofre que está eletricamente neutro? E de um íon sulfeto (S^{2-})?

15. Qual dos seguintes íons tem menor massa: nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), hipoiodito (IO^-) ou amônio (NH_4^+)?

16 Esta é uma atividade para você estabelecer relações de proporcionalidade entre as massas de diferentes entidades. A massa de um átomo de magnésio (Mg) está para a massa de uma molécula de ácido acético ($C_2H_4O_2$) na mesma proporção em que a massa de um abacate de 400 g está para a massa de uma:

16. b

a. embalagem de feijão de 0,5 kg.
b. embalagem de açúcar de 1 kg.
c. embalagem de arroz de 5 kg.
d. melancia de 8 kg.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Mol e constante de Avogadro

Considere duas perguntas relacionadas entre si: quantos átomos há em 27 g de alumínio? E quantas moléculas há em 44 g de dióxido de carbono?

Como a massa atômica do alumínio (Al) é 27 u, podemos montar a proporção:

Massa		Números de átomos	
27 u	——	1	⇒ $x = ?$
27 g	——	x	

No entanto, há um problema: usamos unidades de medida diferentes na coluna da esquerda. Vamos, então, converter 27 u para grama, usando a relação $6{,}0 \cdot 10^{23}$ u = 1 g e dividindo os dois membros dessa igualdade por $6{,}0 \cdot 10^{23}$:

$$\frac{6{,}0 \cdot 10^{23}}{6{,}0 \cdot 10^{23}}\,\text{u} = \frac{1}{6{,}0 \cdot 10^{23}}\,\text{g} \quad \Rightarrow \quad 1\,\text{u} = \frac{1}{6{,}0 \cdot 10^{23}}\,\text{g}$$

Substituindo esse valor de u em 27 u, obtemos:

Massa		Números de átomos	
$27 \cdot \frac{1}{6{,}0 \cdot 10^{23}}$ g	——	1	⇒ $\boxed{x = 6{,}0 \cdot 10^{23}}$
27 g	——	x	

Agora, vamos responder ao segundo questionamento. A massa molecular do dióxido de carbono (CO_2) é 44 u, e, com ela, podemos montar a proporção:

Massa		Número de moléculas	
44 u	——	1	⇒ $y = ?$
44 g	——	y	

Substituindo u em função de grama em 44 u, temos:

Massa		Número de moléculas	
$44 \cdot \frac{1}{6{,}0 \cdot 10^{23}}$ g	——	1	⇒ $\boxed{y = 6{,}0 \cdot 10^{23}}$
44 g	——	y	

Percebeu uma regularidade? A massa atômica do Al é **27 u**, e deduzimos que em uma amostra de **27 g** existem $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos. A massa molecular do CO_2 é **44 u**, e concluímos que em **44 g** dessa substância há $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas.

A **quantidade** $6{,}0 \cdot 10^{23}$ (ou, expressa com maior precisão, $6{,}022140858 \cdot 10^{23}$) é denominada **1 mol**.

Vamos avaliar outros exemplos:

- A massa de um único átomo de ferro (Fe) é 55,8 u, e, portanto, a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de ferro, ou **1 mol de átomos** de ferro, é 55,8 g.
- A massa de uma única molécula de metano (CH_4) é 16 u, e, então, a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas de metano, ou **1 mol de moléculas** de metano, é 16 g.
- A massa de um único íon sódio (Na^+) é 23 u, e, consequentemente, a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons sódio, ou **1 mol de íons** sódio, é 23 g.

Conforme comentamos no item 1, o valor $6{,}0 \cdot 10^{23}$ provém da relação entre duas unidades de massa, o grama e a unidade de massa atômica unificada. Expresso com maior precisão, o valor é $6{,}022140858 \cdot 10^{23}$ e está incorporado em uma constante científica de grande relevância:

Constante de Avogadro = $6{,}022140858 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

Nos cálculos realizados no Ensino Médio, essa constante costuma ser expressa até a primeira casa depois da vírgula (isto é, com dois algarismos significativos), da seguinte maneira: $6{,}0 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Após estudar esta página, reflita sobre as seguintes perguntas e expresse as respostas no caderno. Troque ideias com os colegas para ver se há consenso.

1. A massa atômica do ouro é 197 u. Quantos átomos estão presentes em 197 g de ouro? Como se chama essa quantidade?
2. A massa molecular da água é 18 u. Quantas moléculas existem em 18 g de água? Como é denominada essa quantidade?
3. A massa de um íon sulfato SO_4^{2-} é 96 u. Quantos desses íons perfazem uma massa de 96 g? Qual é o nome dessa quantidade?

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

A unidade mol^{-1}, presente na constante de Avogadro, frequentemente é motivo de dúvidas.

Para compreendê-la, note que:

$$\text{mol}^{-1} = \frac{1}{\text{mol}}$$

Assim, **mol^{-1}** pode ser entendido como **por mol**.

A constante de Avogadro, portanto, fornece o número de entidades (átomos, moléculas, íons etc.) que estão presentes **por mol**, ou seja, **em 1 mol**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Massa molar e quantidade de matéria

Analisando os exemplos dados no item anterior, podemos perceber que a massa de 1 mol depende daquilo a que essa quantidade se refere.

A massa de 1 mol é chamada **massa molar** e é expressa na unidade **g/mol**, ou $\mathbf{g \cdot mol^{-1}}$. Utilizamos essa grandeza nos seguintes contextos relevantes:

- **Elemento químico** – a massa molar refere-se a **1 mol de átomos desse elemento químico**. Assim, a massa molar do elemento químico nitrogênio é 14 g/mol e a do elemento químico neônio é 20,2 g/mol.
- **Substância simples metálica** – a massa molar refere-se a **1 mol de átomos do elemento químico metálico** que constitui a substância. Por exemplo, a do alumínio é 27 g/mol e a do ouro é 197 g/mol.
- **Substância molecular** – a massa molar refere-se a **1 mol de moléculas da substância**. Então, a massa molar da água (H_2O) é 18 g/mol, a do etanol (C_2H_6O) é 46 g/mol e a da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) é 342 g/mol.
- **Íon** – a massa molar refere-se a **1 mol desse íon**. Podemos citar como exemplos a massa molar do Na^+, que é 23 g/mol, e a do Cl^-, que é 35,5 g/mol.
- **Substância iônica** – a massa molar refere-se a **1 mol de fórmulas unitárias dessa substância**, entendendo-se por "fórmula unitária" o conjunto de íons que figura na fórmula usada para representar a substância. Assim, por exemplo, a massa molar do cloreto de sódio (NaCl) é 58,5 g/mol e a do fluoreto de cálcio (CaF_2) é 78,1 g/mol.

Conhecendo a massa molar, podemos descobrir quantos mols existem em certa massa de determinada espécie química. Considere, por exemplo, duas amostras, ambas de massa 414 g, dos líquidos incolores água e etanol (substâncias moleculares). Embora tenham a mesma massa, essas amostras não têm a mesma quantidade de mols, pois a massa molar da água (18 g/mol) e a do etanol (46 g/mol) são diferentes.

Expressar a grandeza **quantidade de matéria** é expressar **quantos mols** há em determinada amostra de interesse. Vamos calcular a quantidade de matéria de água e de etanol nas amostras mencionadas.

Massa de água		Quantidade de matéria
18 g	——	1 mol
414 g	——	x

$x = 23$ mol

Massa de etanol		Quantidade de matéria
46 g	——	1 mol
414 g	——	y

$y = 9$ mol

Esses resultados revelam que na amostra de água há $23 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas e na de etanol há $9 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas. A amostra de água, portanto, contém maior quantidade de matéria, em mols de moléculas.

Como você percebe, podemos determinar a quantidade em mols por raciocínio de proporcionalidade. Para fazer esse cálculo, podemos usar também a seguinte expressão matemática:

$$n = \frac{m}{M}$$

em que: n = quantidade de matéria (unidade: mol)
m = massa da amostra (unidade: g)
M = massa molar (unidade: g/mol ou $g \cdot mol^{-1}$)

Vamos aplicar essa expressão para calcular a quantidade de matéria nas amostras de água e de etanol:

Para a água: $n_{água} = \frac{m_{água}}{M_{água}} = \frac{414\ g}{18 \cdot mol^{-1}} \Rightarrow \boxed{n_{água} = 23\ mol}$

Para o etanol: $n_{etanol} = \frac{m_{etanol}}{M_{etanol}} = \frac{414\ g}{46 \cdot mol^{-1}} \Rightarrow \boxed{n_{etanol} = 9\ mol}$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Os quatro elementos químicos presentes em maior massa no organismo humano e suas **porcentagens em massa** são:

1º	Oxigênio (O)	65%
2º	Carbono (C)	18%
3º	Hidrogênio (H)	10%
4º	Nitrogênio (N)	3%

Fonte: OVERBY, J.; CHANG, R. **Chemistry**. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2022. *E-book*.

Essa ordem se modifica quando consideramos a abundância em número de átomos (não em massa).

Depois de estudar esta página, reúnam-se em equipes, debatam um modo de ordenar esses quatro elementos químicos em **ordem decrescente de número de átomos** e façam a ordenação. Não há necessidade de determinar as porcentagens em átomos, apenas a ordem.

Ao final, escolham um integrante de cada equipe para expor à sala o raciocínio empregado.

Dialogando com o texto

O mol é a **unidade** de medida da **grandeza** quantidade de matéria no Sistema Internacional de Unidades (SI).

O nome da unidade é **mol**, e seu símbolo também é **mol**. Isso não acontece com as outras unidades do SI; por exemplo, o símbolo de metro é m e o de quilograma é kg.

O símbolo de uma unidade do SI **não** é flexionado para o plural. Assim, da mesma maneira que representamos "cinco metros" como 5 m (**não** 5 ms) e "cinco quilogramas" como 5 kg (**não** 5 kgs), representamos "cinco mols" como 5 mol.

Então, não estranhe as grafias 23 mol e 9 mol no item 4. Elas são lidas, respectivamente, "vinte e três mols" e "nove mols".

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

Estimando quantas vezes o ATP é reciclado diariamente

Em nosso organismo, a energia proveniente de nutrientes é empregada para a síntese de trifosfato de adenosina (ATP) a partir de difosfato de adenosina (ADP) e fosfato inorgânico (P_i).

Essa reação química pode, de modo simplificado, ser assim representada:

$$ADP + P_i \rightarrow ATP + H_2O$$

Quando é hidrolisado (isto é, quando reage com água), o ATP fornece energia para processos metabólicos como contração muscular (Fig. 2) e síntese de proteínas. A representação simplificada da reação química de hidrólise do ATP é:

$$ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i$$

Perceba que a hidrólise do ATP consiste no processo inverso da reação química que o produz.

PETER CZIBORRA/REUTERS/FOTOARENA

Figura 2. As contrações musculares, sejam conscientes (como as que permitem a locomoção) ou inconscientes (como batimentos do coração), requerem hidrólise de ATP. Na foto, Rebeca Andrade, ginasta brasileira, competindo nos Jogos Olímpicos de Paris de 2024, na categoria solo, na qual conquistou medalha de ouro (França, 2024).

Estima-se que um adulto de massa 70 kg requer, em média, a hidrólise de 117 mol de ATP diariamente. Determinemos a massa de ATP a que isso corresponde, considerando que a massa molar do ATP é 507 g/mol.

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = n \cdot M = 117 \text{ mol} \cdot 507 \text{ g/mol}$$

$$m = 5{,}93 \cdot 10^4 \text{ g} = 59{,}3 \text{ kg}$$

Esse resultado representa aproximadamente 85% de 70 kg. Em outras palavras, se o organismo contivesse essa quantidade de ATP, ela seria responsável por cerca de 85% da massa corporal. Contudo, mais da metade da massa de um organismo humano se deve à água. Então é impossível que um adulto de 70 kg tenha todo esse ATP.

De fato, investigações científicas revelaram que a massa total de ATP tipicamente existente em um organismo humano de 70 kg é de apenas 50 g. Isso pode parecer uma contradição, mas não é.

A explicação é que as moléculas de ADP são constantemente reaproveitadas pelo organismo; cada molécula de ADP resultante da hidrólise do ATP pode ser novamente convertida em ATP. Com os dados apresentados, podemos estimar quantas vezes por dia, em média, uma molécula passa por essa reciclagem. Para isso, vamos determinar a quantidade em mol de ATP que corresponde à massa de 50 g.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{50 \text{ g}}{507 \text{ g/mol}} = 0{,}099 \text{ mol}$$

Se dividirmos 117 mol (a quantidade total de ATP necessária) por 0,099 mol (a quantidade de ATP que existe no organismo), obtemos o resultado 1.182.

Isso significa que a quantidade de ATP utilizada diariamente é 1.182 vezes a quantidade total de ATP presente no organismo, ou seja, cada molécula de ATP é convertida em uma molécula de ADP, e esta reconvertida a ATP, mais de mil vezes!

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Comentário sobre as atividades 17 a 23: essas atividades introdutórias possibilitarão que você desenvolva as habilidades de consultar massas atômicas na tabela periódica e trabalhar com elas a fim de relacionar massa e quantidade de átomos, moléculas ou íons. Com isso, você trabalhará aspectos quantitativos conceituais básicos da Química.

17. Qual é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de bismuto (Bi)? (Lembre-se de que a tabela periódica é um instrumento de consulta.)

17. e

a. 50 g **c.** 115 g **e.** 209 g
b. 83 g **d.** 122 g

18. Qual é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de zinco (Zn)?

18. d

a. 30,0 g **c.** 63,5 g **e.** 119,0 g
b. 50,0 g **d.** 65,4 g

19. Qual é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas de etano (C_2H_6)?

19. a

a. 30 g **c.** 18 g **e.** 10 g
b. 28 g **d.** 12 g

20. Qual é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas de dióxido de enxofre (SO_2)?

20. b

a. 80 g **c.** 48 g **e.** 16 g
b. 64 g **d.** 32 g

21. Qual é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons brometo (Br^-)?

21. a

a. 79,9 g **c.** 36,0 g **e.** 34,0 g
b. 78,9 g **d.** 35,0 g

22. A massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons amônio (NH_4^+) é igual à de $6{,}0 \cdot 10^{23}$:

22. e

a. íons nitrato (NO_3^-).
b. moléculas de gás nitrogênio (N_2).
c. íons cálcio (Ca^{2+}).
d. moléculas de metano (CH_4).
e. moléculas de água (H_2O).

23. A massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons fosfato (PO_4^{3-}) é menor que a de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons:

23. c

a. sulfito (SO_3^{2-}).
b. clorato (ClO_3^-).
c. iodato (IO_3^-).
d. nitrito (NO_2^-).
e. carbonato (CO_3^{2-}).

Comentário sobre as atividades 24 a 32: essas atividades abordam situações que envolvem proporcionalidade entre massa e quantidade de átomos ou moléculas.

24. Quantos átomos de alumínio existem em uma panela que contém 810 g desse metal?

25. Expresse o resultado da atividade anterior em palavras (mil, milhão, bilhão, trilhão, quadrilhão etc.).

26. Um anel de "ouro 18 quilates" tem massa total de 2,627 g, sendo que, desse total, 1,970 g é ouro, 0,635 g é cobre e o restante é prata. Determine, nessa joia, qual é:

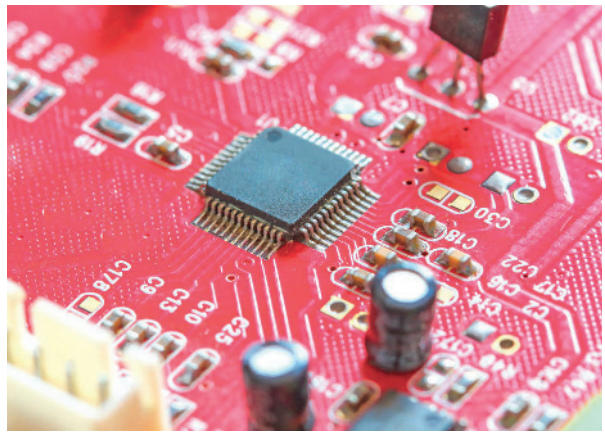
a. a massa de prata;
b. o número de átomos de ouro;
c. o número de átomos de cobre.

27. Imagine que um copo contenha 252 g de água e esse conteúdo seja bebido por uma pessoa em 7 goles.

a. Qual a massa de água ingerida, em média, em cada gole, isto é, admitindo-se que todos os goles sejam "iguais"?
b. Quantas moléculas são engolidas em um único gole?

28. O silício é utilizado na elaboração de componentes eletrônicos. Calcule quantos átomos há em um cristal de 56 mg de silício.

29. Além do silício, o germânio é outro elemento empregado em eletrônica. Para serem usados em determinados componentes, cristais de germânio devem conter, para cada bilhão (10^9) de átomos de germânio, um átomo de outro elemento químico propositalmente adicionado (chamado dopante). Faça uma estimativa de quantos átomos dopantes há em um cristal de 73 mg de germânio.



TCAREOB72/ISTOCK/GETTY IMAGES

Silício (atividade 28) e germânio (atividade 29) são elementos empregados na fabricação de alguns componentes eletrônicos, como transistores presentes em *microchips*.

30. O acetileno, C_2H_2, é um gás usado como combustível em maçaricos para soldar metal. Um serralheiro comprou um botijão de acetileno, no qual há 13 kg dessa substância. Quantos mols de acetileno esse profissional comprou? Quantas moléculas de acetileno há nessa quantidade de matéria?

31. Que massa do metal prata contém o mesmo número de átomos que existe em 19,7 g de ouro?

32. Há mais moléculas dentro de um extintor de incêndio que contém 6 kg de CO_2 ou de um garrafão de bebedouro que contém 5 kg de água? Explique.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

Comentário sobre as atividades 33 a 37: nessas atividades você utilizará as habilidades desenvolvidas anteriormente para solucionar situações mais elaboradas envolvendo massa molar.

33. A concentração de CO_2 (g) tem aumentado regularmente na atmosfera devido a atividades humanas como o uso de combustíveis fósseis e queimadas, reforçando cada vez mais a preocupação, compartilhada por boa parte da comunidade científica, com a continuidade do aquecimento global por intensificação do efeito estufa. Em 2013, a concentração de CO_2 (g) na atmosfera atingiu 0,04% em mols. Antes da Revolução Industrial, era inferior a 0,03%.

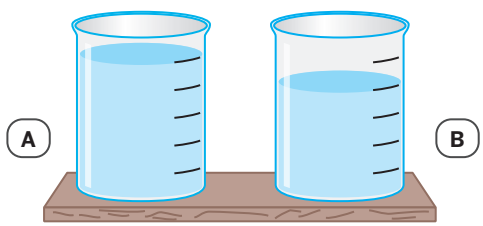
a. Considerando que a massa da atmosfera terrestre é $5{,}1 \cdot 10^{21}$ g e que a massa molar média do ar é 29 g/mol, determine quantos mols de ar há em nosso planeta.

b. Determine quanto é 0,01% do valor calculado. Essa é uma estimativa da quantidade em mols de CO_2 (g) que aumentou na atmosfera.

c. Calcule a massa de CO_2 que corresponde ao resultado do item **b**.

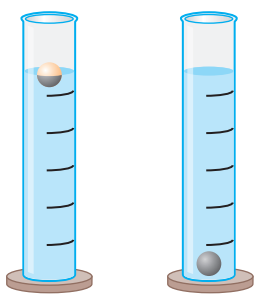
d. Com base nos cálculos realizados, o que você pode concluir sobre a influência de atividades humanas na composição e qualidade da atmosfera? Que **argumentos** podem ser utilizados para educar a população a modificar hábitos e atitudes que contribuem para o aumento de CO_2 na atmosfera? Como tais argumentos podem ser veiculados? Deve haver alguma imposição aos cidadãos? Justifique suas opiniões.

34. (Unicamp-SP) Dois frascos idênticos estão esquematizados a seguir. Um deles contém uma certa massa de água (H_2O) e o outro, a mesma massa de álcool (CH_3CH_2OH).



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Dado: Usando-se uma bolinha de densidade adequada fez-se o seguinte experimento:



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

a. Qual das substâncias está no frasco **A** e qual está no frasco **B**? Justifique.

b. Considerando a massa das substâncias contidas nos frascos **A** e **B**, qual contém maior quantidade de átomos? Explique.

35. Os dez elementos químicos presentes em maior massa na crosta terrestre estão listados no quadro a seguir.

Porcentagens em massa na crosta terrestre dos dez elementos químicos mais abundantes

1º	O	50%	6º	Na	2,6%
2º	Si	26%	7º	K	2,4%
3º	Al	7,5%	8º	Mg	1,9%
4º	Fe	4,7%	9º	H	0,9%
5º	Ca	3,4%	10º	Ti	0,6%

Fonte: WILLIAMS, R. J. P.; SILVA, J. J. R. F. **The natural selection of the chemical elements**. Oxford: Oxford University Press, 1997. p. 300.

A ordem se modifica um pouco quando se considera a abundância em número de átomos, não em massa. Ordene esses dez elementos em ordem decrescente de número de átomos e apresente o raciocínio empregado para realizar essa ordenação.

36. O conceito de mol, de grande relevância se aplicado a átomos, moléculas e íons, **não** é útil para objetos macroscópicos, pois, por menores que eles sejam, suas quantidades presentes em nossa vida não chegam perto de 1 mol. Para ilustrar isso, considere a produção mundial de arroz sem casca em 2022, que foi de 517 Mt (Mt = megatonelada).

a. Considerando que a massa média de um grão de arroz seja 20 mg, quantos mols de grãos desse cereal foram produzidos naquele ano?

b. Se a produtividade fosse constante, quantos anos levaria para produzir 1 mol de grãos de arroz?

37. (Unicamp-SP) O uso mais popular do cloreto de sódio é
37. d na cozinha, onde é utilizado para acrescentar sabor a uma infinidade de alimentos e também como conservante e material de limpeza. É na indústria química, no entanto, que ele é mais consumido. São inúmeros os processos que fazem uso de produtos do processamento desse sal. Obtém-se um sal de cozinha do tipo *light* substituindo-se uma parte do sal comum por cloreto de potássio. Esse produto é indicado para pessoas com problemas de pressão arterial alta. Sabendo-se que a massa molar do sódio é menor que a do potássio, pode-se afirmar que, para uma mesma massa dos dois tipos de sal, no tipo *light* há:

a. menos íons cloreto e mais íons sódio do que no sal comum.

b. mais íons cloreto e menos íons sódio do que no sal comum.

c. mais íons cloreto e mais íons sódio do que no sal comum.

d. menos íons cloreto e menos íons sódio do que no sal comum.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Mapas mentais

Um **mapa mental** é uma representação gráfica da interligação de conceitos, os quais podem ser representados por palavras, frases, esquematizações, desenhos, gráficos ou fotografias. Mapas mentais podem ser elaborados em papel ou em aplicativos de computador, como editores de texto, programas para apresentações digitais ou *softwares* de desenho. Construí-los é uma ferramenta de estudo bastante útil, pois ajuda a relacionar conceitos e a diferenciar ideias principais de secundárias.

Escolha de palavras-chave

A elaboração começa com a escolha de **palavras-chave**, que indicam os termos que aparecerão no mapa. Essa definição das palavras-chave pode ser feita durante o estudo de um capítulo de livro ou ao ler e interpretar informações de outras fontes selecionadas. Ao estudar este capítulo, por exemplo, algumas palavras-chave que podem ser selecionadas são massa atômica, massa molecular, massa fórmula, quantidade de matéria, mol, massa molar e constante de Avogadro.

Disposição dos termos na página

Normalmente utiliza-se a página na horizontal. Escreve-se primeiro a palavra-chave ou as palavras-chave que indicam a ideia (eleita como a) mais abrangente, no contexto da aprendizagem. Essa escolha é subjetiva; um estudante pode escolher "massa" e outro pode escolher "quantidade de matéria".

A partir da ideia central, outros termos são escritos e conectados por linhas, setas, tracejados ou pontilhados. É conveniente usar diversas cores e formas geométricas, pois essas escolhas dão um caráter pessoal ao mapa e contribuem para o aprendizado e a criatividade. Acrescente desenhos, gráficos e esquemas, cole fotografias e, se necessário, introduza dados ou informações factuais. A Figura 3 mostra um mapa mental; é somente um exemplo, pois é possível criar muitos outros, diferentes, envolvendo as mesmas ideias.

Você tem **liberdade criativa** para fazer seus mapas mentais, porque eles refletem a maneira como você aprendeu e inter-relacionou conceitos. Mas fique atento a isto: é conveniente que a representação não fique muito carregada (muito compactada na página), para que se mantenha visualmente agradável.

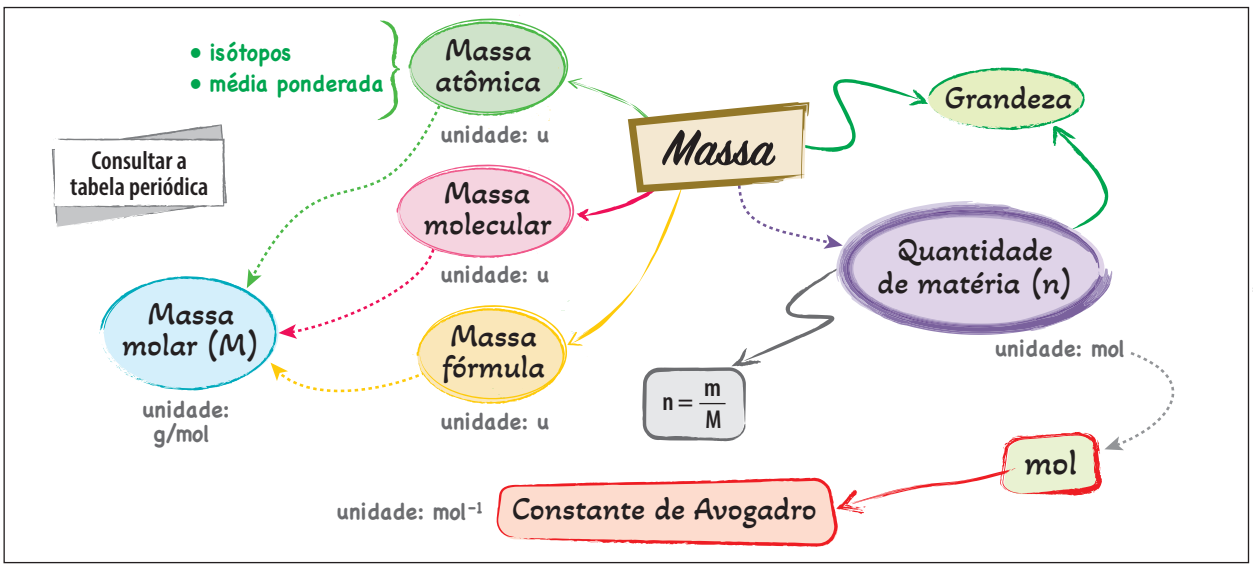


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 3. Um possível mapa mental com alguns assuntos estudados neste capítulo.

Agora, realize as seguintes atividades:

1. Em uma folha do caderno, elabore um mapa mental **diferente** daquele da Figura 3, mas envolvendo os mesmos conceitos. Nessa elaboração, inclua os termos: átomo, molécula, íon, substância molecular, substância iônica e substância metálica. Acrescente também outros conceitos que considerar relevantes e também desenhos e esquemas de sua livre criação.
2. Se houver conexão disponível com a internet, procure uma ferramenta *on-line* gratuita para a elaboração de mapas mentais e utilize-a para criar uma versão digital do seu mapa mental.

Exemplos de ferramentas para elaborar mapas mentais, gratuitas ou com funcionalidades gratuitas, estão disponíveis em: https://www.mindmeister.com; https://www.canva.com; https://padlet.com/; e https://www.mapamental.app. Acessos em: 16 out. 2024. Também podem ser utilizados aplicativos para desenho.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MUNDO DO TRABALHO

Vamos refletir sobre vida profissional?

ECONOMIA

Os mapas mentais, discutidos anteriormente, ajudam na autonomia do aprendizado, o que é fundamental nas dimensões pessoal e profissional da vida. Todo jovem, de acordo com sua cultura, sua história de vida, suas interações sociais, sua vida familiar, suas convicções éticas e religiosas e seus anseios, deve estabelecer metas para sua vida e elaborar o seu **projeto de vida**.

Um projeto de vida inclui aspectos como: O que desejo para as fases da minha vida? Como cuidarei da saúde física e mental? Onde me imagino vivendo no futuro? Em que causas sociais pretendo me engajar? O que almejo em termos de relacionamentos? Como agirei pensando na velhice, para ter saúde, bons relacionamentos e conforto financeiro?

Entre as dimensões de um projeto de vida estão os **aspectos profissionais**. A atuação profissional é uma fonte de realização pessoal e de ganhos econômicos que devem possibilitar uma vida com dignidade e uma poupança para o futuro (Fig. 4).

DANIEL M ERNST/SHUTTERSTOCK

Figura 4. Refletir sobre o futuro profissional e atuar no próprio projeto de vida são atitudes de **protagonismo juvenil** que contribuem para a realização pessoal.

O que eu desejo exercer no âmbito profissional? Que traços da minha personalidade podem influenciar a escolha de uma área de atuação? Que aptidões podem me favorecer no mundo do trabalho? Quais são as habilidades que preciso desenvolver? Como planejarei o desenvolvimento dessas habilidades? Que características pessoais positivas os outros veem em mim? Que defeitos pessoais devo corrigir? Como posso auxiliar meus amigos a também fazerem um planejamento adequado de vida e escolhas acertadas? Essas são algumas perguntas às quais você deve estar permanentemente atento. Já tinha refletido sobre elas?

Além das dimensões pessoais da escolha profissional, há aspectos coletivos e da **realidade local** que precisam ser considerados. Sobre isso, leia o texto a seguir.

> Boa parte dos estudos e das políticas sobre trabalho e emprego ainda foca em intervenções em nível individual, sendo essencial considerar a dimensão coletiva do trabalho e como podemos potencializar cooperativas e cadeias produtivas urbanas e rurais de forma sustentável.
>
> Precisamos, assim, valorizar as habilidades e os interesses de diferentes grupos de jovens, oportunizando que esses se configurem em oportunidades de inclusão produtiva. Isso nos permite aliar a dimensão da realização e satisfação individual com a oferta de soluções relevantes aos contextos locais.

Fonte: BARÃO, M.; RESEGUE, M.; LEAL, R. (coord.). **Atlas das Juventudes**; evidências para a transformação das Juventudes. [s.l.]: Em Movimento/ Pacto das Juventudes pelos ODS, 2021. p. 120.

Agora, em grupos, realizem as seguintes atividades.

1. Em nossa comunidade, que pessoas têm vasto conhecimento e larga experiência em determinada profissão e que poderiam ajudar jovens interessados a se tornarem aprendizes desse ofício?
2. Como podemos determinar que necessidades não atendidas de profissionais existem no mercado de trabalho da nossa região? Como essas informações podem ajudar jovens na sua escolha profissional?
3. Que trabalhos voluntários podem ser desenvolvidos em nossa comunidade? Quais são as contribuições que a atuação no voluntariado oferece a um jovem que ainda não ingressou no mercado de trabalho?
4. Que formações (cursos, oficinas) seriam úteis, pensando na **realidade local**, para favorecer o preparo profissional dos jovens da nossa comunidade? Que atitudes **coletivas** podemos realizar para que essas formações aconteçam?

Se considerar oportuno e houver espaço em seu planejamento, proponha que cada estudante responda às perguntas desses dois parágrafos em uma folha. As folhas podem ser afixadas em um mural para que todos tenham a oportunidade de aprender com as reflexões dos colegas. Para evitar constrangimentos em função de respostas pessoais, você pode determinar que cada estudante se identifique apenas na parte inferior da página. Após receber e ler as folhas, elimine a parte da identificação e, a seguir, exponha as folhas no mural. Você também pode propor uma roda de discussão sobre as aspirações profissionais dos estudantes e como elas estão relacionadas aos valores pessoais de cada um. Se a turma for muito numerosa, essa discussão pode ser realizada em grupos e, a seguir, um representante de cada grupo expõe as conclusões em público.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Porcentagem em massa de um elemento

A fórmula molecular da ureia, CH_4N_2O (Fig. 5), informa que cada molécula dessa substância é constituída de 1 átomo de carbono, 4 átomos de hidrogênio, 2 átomos de nitrogênio e 1 átomo de oxigênio, totalizando 8 átomos. Em duas moléculas de ureia, há o dobro desse número de átomos. Em três, há o triplo, e assim por diante.

Então, em $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas de ureia, há $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de carbono, $4 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de hidrogênio, $2 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de nitrogênio e $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de oxigênio, totalizando $8 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos.

Considerando que $6{,}0 \cdot 10^{23}$ é um mol, podemos reformular essa conclusão como: em 1 mol de moléculas de ureia, há 1 mol de átomos de carbono, 4 mol de átomos de hidrogênio, 2 mol de átomos de nitrogênio e 1 mol de átomos de oxigênio. Consultando uma tabela periódica para obter as massas molares, podemos passar essa relação para massa:

Substância química ureia	Elemento químico carbono	Elemento químico hidrogênio	Elemento químico nitrogênio	Elemento químico oxigênio
1 mol	1 mol	4 mol	2 mol	1 mol
60 g	1 · 12 g	4 · 1 g	2 · 14 g	1 · 16 g
60 g	12 g	4 g	28 g	16 g

Total: 60 g

Ao conhecer as massas molares, portanto, podemos estabelecer relações entre a massa de uma amostra de substância e a massa de cada um dos elementos químicos nela presentes. Isso é importante em diversas situações práticas de Química, Agronomia, Engenharia Química e Engenharia de Materiais, por exemplo.

Imagine que o químico encarregado de formular um fertilizante pode optar entre usar ureia (CH_4N_2O) ou nitrato de amônio (NH_4NO_3) como fonte do elemento químico nitrogênio, um nutriente importante para o desenvolvimento das plantas. Pensando exclusivamente no quesito porcentagem em massa de nitrogênio (desconsiderando outros aspectos), qual das duas opções é melhor, por fornecer mais nitrogênio por massa de fertilizante empregada?

A massa molar da ureia é 60 g/mol e, pela sua composição química (CH_4N_2O), percebemos que 1 mol dessa substância contém 2 mol de nitrogênio (28 g):

Massa		Porcentagem
60 g	——	100%
28 g	——	x

$\Rightarrow \boxed{x = 47\%}$

Já a massa molar do nitrato de amônio é 80 g/mol e, pela sua composição química (NH_4NO_3), concluímos que 1 mol dessa substância contém 2 mol de nitrogênio (28 g), pois há nitrogênio no cátion NH_4^+ e no ânion NO_3^-. Assim:

Massa		Porcentagem
80 g	——	100%
28 g	——	y

$\Rightarrow \boxed{y = 35\%}$

Então, no caso do nitrato de amônio, apenas 35% da massa corresponde ao elemento químico nitrogênio, enquanto no caso da ureia a porcentagem é maior, 47%. Assim, considerando apenas o quesito porcentagem de nitrogênio, o químico deve preferir a ureia na formulação do fertilizante.

O mesmo raciocínio possibilita comparar teores de um mesmo metal em diferentes minérios de composição conhecida e também avaliar, em determinados contextos, a porcentagem de pureza de uma matéria-prima de interesse do sistema produtivo.

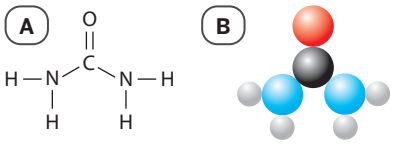


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. Fórmula estrutural (A) e modelo molecular da ureia (B), com átomos representados por esferas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Após estudar o item 5, um grupo de estudantes desenvolveu um algoritmo para criar um programa (aplicativo) de computador que calcula a porcentagem em massa de um elemento E em um óxido de fórmula E_xO_y. O usuário deve digitar os valores de x, de y e da massa molar do elemento E, em g/mol, representada por M(E).

No entanto, o algoritmo (representado no fluxograma a seguir) contém três erros, o que conduziu a um programa com *bugs*.

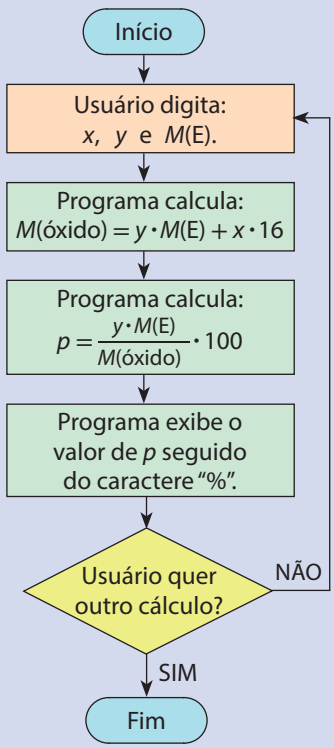


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reescreva o fluxograma no caderno, corrigindo os três erros.

A seu critério, proponha a realização em grupo desta atividade de pensamento computacional.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

38. A hidrazina, combustível utilizado nos motores de ajuste de órbita de satélites artificiais, é constituída de dois elementos químicos. Em 1 mol dessa substância há 2 mol de átomos do elemento químico nitrogênio e 4 mol de átomos do elemento químico hidrogênio.

a. Qual é a fórmula molecular da hidrazina?

b. Determine a massa molar dessa substância.

c. Considerando-se a massa de 1 mol de hidrazina, quantos gramas correspondem aos átomos do elemento químico nitrogênio? E aos átomos do elemento químico hidrogênio?

39. A vitamina A é constituída de três elementos químicos. Em 0,5 mol dessa substância, verificou-se a presença de 10 mol de carbono, 15 mol de hidrogênio e 0,5 mol de oxigênio. Explique como essas informações são suficientes para determinar a fórmula molecular da vitamina e determine-a.

40. Indústrias siderúrgicas obtêm aço (liga metálica de ferro com pequeno porcentual de átomos de outros elementos químicos como o carbono) a partir de minérios de ferro que contêm, por exemplo, Fe_2O_3 e Fe_3O_4. Em qual desses dois óxidos a porcentagem de ferro, em massa, é maior? Explique.

41. O magnésio pode ser obtido, por meios industriais adequados, a partir do cloreto de magnésio extraído da água do mar.

a. Qual a porcentagem, em massa, de magnésio no cloreto de magnésio ($MgCl_2$)?

b. Qual a massa de magnésio presente em 100 kg desse sal?

42. Fertilizantes devem fornecer alguns elementos químicos necessários aos vegetais, entre os quais está o nitrogênio. As seguintes substâncias nitrogenadas são empregadas como componentes de fertilizantes:

- Ureia, CH_4N_2O.
- Nitrato de amônio, NH_4NO_3.

Qual delas apresenta maior quantidade de nitrogênio por grama do composto?

43. O Brasil é o maior exportador mundial de nióbio (Nb), metal que, entre outras aplicações, torna o aço bem mais resistente quando incluído na liga metálica. Esse metal é obtido de alguns diferentes minerais, entre eles a tantalita e a columbita, que podem ser considerados combinações dos óxidos FeO, MnO, Ta_2O_5 e Nb_2O_5, em diferentes proporções. Considere que uma amostra de columbita contenha 60% em massa de Nb_2O_5.

a. Qual é a porcentagem em massa de nióbio em uma amostra pura de Nb_2O_5? Apresente o raciocínio que conduziu à resposta.

b. Se uma indústria processar 1 t (uma tonelada) da columbita mencionada, por meio de reações químicas adequadas para obter nióbio metálico (isto é, a substância simples nióbio, Nb), qual será a maior massa, em kg, que pode ser obtida? Explicite o raciocínio usado.

44. Uma das substâncias que dão aroma característico ao alho cortado ou esmagado é a alicina, cuja massa molar é 162 g/mol. Mostre como é possível determinar a fórmula molecular da alicina sabendo que sua composição porcentual em massa é:

44,4% C, 6,2% H, 39,5% S e 9,9% O.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. A água é a substância presente em maior quantidade em nosso organismo. Num ser humano, cerca de 60% da massa corporal se deve à água. Faça uma estimativa de quantas moléculas de água tomam parte do corpo de uma pessoa de 60 kg.

2. Esta atividade pretende mostrar que, mesmo nas balanças muito sensíveis, o que se determina ao pesar um objeto macroscópico é a massa de um enorme conjunto de átomos. Uma balança bastante sensível, usada em laboratórios, é capaz de medir massas da ordem de $1{,}0 \cdot 10^{-6}$ g. Essa massa corresponde, aproximadamente, à massa de quantos átomos de:

a. lítio? **b.** magnésio? **c.** mercúrio?

3. Escreva os resultados da questão anterior em palavras (mil, milhão, bilhão, trilhão, quatrilhão etc.).

4. A massa de um bilhão (10^9) de moléculas de etanol (C_2H_6O) poderia ser determinada com uma balança cuja sensibilidade máxima é 0,1 mg? Justifique. (Dizer que a "sensibilidade máxima" da balança é 0,1 mg significa dizer que essa é a menor massa que ela mede. Em outras palavras, a balança não tem sensibilidade para detectar uma massa inferior a essa.)

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Uma balança analítica, com precisão de leitura de até 0,1 mg.

CONTINUA

5. (Unesp-SP) Ligas constituídas de platina e de ródio, com diferentes composições, são utilizadas como sensores de temperatura. Para 1,00 g de uma liga contendo apenas platina e ródio, na proporção de 10% em massa de ródio, calcule a massa e o número de átomos de platina.
Dados: massas atômicas: Rh = 103 e Pt =195; constante de Avogadro = $6{,}0 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$.

6. (Enem) O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.
6. b

Fonte: BALK, E. M. *et al*. Global dietary calcium intake among adults: a systematic review. **Osteoporosis international.** v. 28, p. 3315-3324, 2017 (adaptado).

Considerando-se o valor de $6 \times 10^{23}\ mol^{-1}$ para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

a. $7{,}5 \times 10^{21}$ **c.** $7{,}5 \times 10^{23}$ **e.** $4{,}8 \times 10^{25}$
b. $1{,}5 \times 10^{22}$ **d.** $1{,}5 \times 10^{25}$

7. (Enem) Aspartame é um edulcorante artificial (adoçante dietético) que apresenta potencial adoçante 200 vezes maior que o açúcar comum, permitindo seu uso em pequenas quantidades. Muito usado pela indústria alimentícia, principalmente nos refrigerantes *diet*, tem valor energético que corresponde a 4 Calorias/grama. É contraindicado a portadores de fenilcetonúria, uma doença genética rara que provoca o acúmulo da fenilalanina no organismo, causando retardo mental. O IDA (índice diário aceitável) desse adoçante é 40 mg/kg de massa corpórea.
7. b

Fonte: DEBRAS, C. *et al*. Artificial sweeteners and cancer risk: Results from the NutriNet-Santé population-based cohort study. **PLoS Medicine**. v. 19, n. 3, mar. 2022. p. 1-20 (adaptado).

Com base nas informações do texto, a quantidade máxima recomendada de aspartame, em mol, que uma pessoa de 70 kg de massa corporal pode ingerir por dia é mais próxima de

Dado: massa molar do aspartame = 294 g/mol

a. $1{,}3 \times 10^{-4}$. **c.** 4×10^{-2}. **e.** 823.
b. $9{,}5 \times 10^{-3}$. **d.** 2,6.

8. (Unicamp-SP) O corpo humano é composto majoritariamente por água, cuja porcentagem, em massa, pode variar entre 80%, quando se nasce, e 50%, quando se morre, ou seja, perde-se água enquanto se envelhece. Considere que, aos 3 anos de idade, 75% do corpo humano é água, e que todo o oxigênio do corpo humano seja o da água aí presente. Nesse caso, pode-se afirmar que a proporção em massa de oxigênio no corpo é de aproximadamente
8. b

a. $\frac{3}{4}$. **b.** $\frac{2}{3}$. **c.** $\frac{1}{2}$. **d.** $\frac{3}{5}$.

9. O dióxido de silício (SiO_2), presente na areia, é usado como fonte para a obtenção do elemento silício, usado na indústria eletrônica. Testes revelaram que numa amostra de 100 g de certo tipo de areia foram encontrados 42 g de silício. Sabendo que as impurezas da areia não contêm silício, qual é a pureza da areia, ou seja, qual a porcentagem de SiO_2 na areia?

10. O calcário é constituído principalmente de carbonato de cálcio. Uma amostra de calcário contém, além do carbonato de cálcio, impurezas que comprovadamente não contêm o elemento cálcio. A fim de determinar a pureza dessa amostra, testes laboratoriais revelaram que, em 100 g totais, há 36 g do elemento cálcio.
a. Qual é a pureza desse calcário (isto é, qual é a porcentagem de carbonato de cálcio nele)?
b. Quanto de carbonato de cálcio puro poderia ser obtido, no máximo, a partir de 1 t desse calcário?

11. O ácido fosfórico, aditivo permitido (dentro de limites estabelecidos por normas legais) para uso em refrigerantes tipo "cola", é fabricado a partir de uma rocha que contém fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$, e impurezas isentas de cálcio. Uma rocha desse tipo revelou conter 30% de cálcio. Qual é, aproximadamente, a porcentagem de $Ca_3(PO_4)_2$ nessa rocha?

12. O aroma natural de canela se deve a uma substância de massa molecular 132 u e que apresenta 81,8% de carbono, 6,1% de hidrogênio e 12,1% de oxigênio.
Qual a fórmula molecular dessa substância?

13. A cafeína, substância presente no café, tem massa molar 194 g/mol. Deduza a fórmula molecular dessa substância, sabendo que sua composição em massa é:

49,5% C, 5,2% H, 28,8% N e 16,5% O.

14. O teflon é um material quimicamente muito inerte, ou seja, que dificilmente reage com outras substâncias. É usado na vedação de roscas em encanamentos e no revestimento antiaderente de panelas e frigideiras. Por sua resistência à radiação solar, foi escolhido para o revestimento do traje de astronautas.

O teflon é constituído exclusivamente de flúor e carbono, na proporção de dois átomos de flúor para cada átomo de carbono.
a. Qual a porcentagem, em massa, de flúor no teflon? E de carbono?
b. Quantos gramas de flúor estão combinados com 48 g de carbono, no teflon?
c. Há mais átomos em 100 g de teflon ou em 50 g de água?

15. (Enem) As emissões de dióxido de carbono (CO_2) por veículos são dependentes da constituição de cada tipo de combustível. Sabe-se que é possível determinar a quantidade emitida de CO_2, a partir das massas moleculares do carbono e do oxigênio, iguais a 12 g/mol e 16 g/mol, respectivamente. Em uma viagem de férias, um indivíduo percorreu 600 km em um veículo que consome um litro de gasolina a cada 15 km de percurso. Considerando que o conteúdo de carbono em um litro dessa gasolina é igual a 0,6 kg, a massa de CO_2 emitida pelo veículo no ambiente, durante a viagem de férias descrita, é igual a
15. d

a. 24 kg. **c.** 40 kg. **e.** 147 kg.
b. 33 kg. **d.** 88 kg.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 11

Proporção nas reações químicas: estequiometria

SNOWSHILL/ISTOCK/GETTY IMAGES

Na panificação tradicional, que emprega fermento biológico, após a mistura dos ingredientes ocorre uma reação de fermentação que produz dióxido de carbono dentro da massa. São as bolhas formadas por esse gás que conferem textura porosa ao pão. Quando a massa vai ao forno, o aquecimento provoca a expansão dessas bolhas, resultando naqueles buraquinhos no interior de um pão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A levedura conhecida cientificamente como *Saccharomyces cerevisiae* é um fungo unicelular capaz de obter energia por meio da respiração na presença de gás oxigênio ou a partir da fermentação na ausência desse gás.

Quando ela se encontra em ambientes onde o gás oxigênio não está presente, realiza a fermentação ao degradar carboidratos como a glicose, a frutose e a sacarose, por meio de reações químicas que geram a energia necessária à sua sobrevivência. Essas reações químicas, além de liberarem energia, que é utilizada pelas leveduras, conduzem à produção de etanol (álcool etílico) e gás carbônico. Por produzir etanol, esse processo também é conhecido como fermentação alcoólica.

Essas leveduras são comercializadas como fermento biológico, que pode ser usado na panificação ou no preparo de *pizzas*. Elas também são empregadas em processos industriais que envolvem a obtenção de etanol a partir de vegetais ricos em carboidratos, como cana-de-açúcar, milho, beterraba, batata, trigo e mandioca.

Quando uma reação química é realizada com quantidades conhecidas de reagentes, é possível prever a quantidade de produtos que será formada? E, de modo inverso, é possível fazer uma estimativa da quantidade de reagentes necessária para obter certa quantia de produtos?

Como abordaremos ao longo do capítulo, a resposta para essas duas perguntas é sim. A partir das massas atômicas, listadas na tabela periódica, podemos calcular as massas molares de cada reagente ou produto de uma reação química. Conhecendo essas massas molares e a equação química do processo, podemos estabelecer relações matemáticas entre as quantidades de reagentes e de produtos e, com base nelas, fazer previsões. Esse cálculo é denominado **estequiometria** ou **cálculo estequiométrico** e é o tema deste capítulo.

1. Relações estequiométricas fundamentais

Interpretação dos coeficientes estequiométricos

Após preparar a massa do pão, é necessário aguardar alguns minutos antes de assá-la; durante esse intervalo, ocorre a reação de fermentação alcoólica e há formação de muitas minúsculas bolhas constituídas de gás carbônico no interior da massa, conferindo-lhe textura porosa. O etanol, também produzido na fermentação, evapora, principalmente enquanto o pão está sendo assado.

A equação química da transformação do carboidrato glicose ($C_6H_{12}O_6$) em etanol (C_2H_6O) e dióxido de carbono (CO_2) na fermentação alcoólica é:

$$C_6H_{12}O_6\,(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O\,(aq) + 2\,CO_2\,(g)$$

As fórmulas estruturais do reagente e dos produtos estão na Figura 1.

Em uma equação química, os números colocados antes da fórmula de cada substância, reagente ou produto, são os **coeficientes estequiométricos** ou, simplesmente, **coeficientes**.

Diz-se que uma equação química está **balanceada** quando os coeficientes estão corretamente indicados para expressar que o número de átomos de cada elemento químico é o mesmo em ambos os membros. Isso decorre do fato de os átomos não serem criados nem destruídos em uma transformação (reação) química.

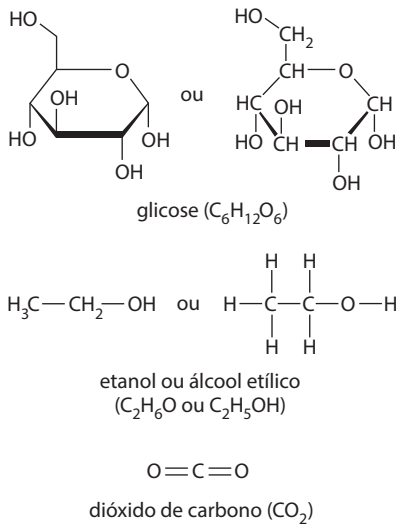


Figura 1. Representações, por meio de fórmulas estruturais, do reagente (glicose) e dos produtos (etanol e dióxido de carbono) da reação química de fermentação alcoólica.

$$\underbrace{C_6H_{12}O_6\,(aq)}_{\text{1º membro (reagente)}} \rightarrow \underbrace{2\,C_2H_6O\,(aq) + 2\,CO_2\,(g)}_{\text{2º membro (produtos)}}$$

1º membro (reagente):
- 6 átomos de carbono
- 12 átomos de hidrogênio
- 6 átomos de oxigênio

2º membro (produtos):
- 6 átomos de carbono
- 12 átomos de hidrogênio
- 6 átomos de oxigênio

Nessa equação química, o coeficiente da glicose é 1 (que é subentendido quando outro número não é explicitado), o do etanol é 2 e o do dióxido de carbono também é 2.

Esses coeficientes informam que existe uma **proporção**: uma molécula de glicose **transforma-se** em duas moléculas de etanol e duas moléculas de dióxido de carbono. Não importa quantas moléculas de glicose reajam, o número de moléculas de etanol produzidas será o dobro e o número de moléculas de dióxido de carbono produzidas também:

	1 $C_6H_{12}O_6\,(aq)$	→	**2** $C_2H_6O\,(aq)$	+	**2** $CO_2\,(g)$
	1 molécula		2 moléculas		2 moléculas
×2	2 moléculas		4 moléculas		4 moléculas
×3	3 moléculas		6 moléculas		6 moléculas
×10	10 moléculas		20 moléculas		20 moléculas

Em qualquer amostra macroscópica de substância química molecular, há uma quantidade imensa de moléculas. Assim, embora os coeficientes informem a proporção entre as moléculas de reagentes e produtos envolvidas na transformação, é útil considerar que eles também indicam a proporção entre as quantidades em mols, denominada **proporção estequiométrica**. Para exemplificar, consideremos que $6 \cdot 10^{23}$ moléculas de glicose (isto é, 1 mol de glicose) reajam:

	$C_6H_{12}O_6\,(aq)$	→	$2\,C_2H_6O\,(aq)$	+	$2\,CO_2\,(g)$
	1 molécula		2 moléculas		2 moléculas
$\times 6 \cdot 10^{23}$	$1 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ moléculas		$2 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ moléculas		$2 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ moléculas
	1 mol de glicose		2 mol de etanol		2 mol de dióxido de carbono

Como a quantidade de $6 \cdot 10^{23}$ moléculas é 1 mol de moléculas (Capítulo 10), concluímos que a proporção estequiométrica dessa reação é: **1 mol** de glicose se transforma em **2 mol** de etanol e **2 mol** de dióxido de carbono.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A seu critério, proponha a realização em grupos desta atividade sobre pensamento computacional. Veja demais comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Relação estequiométrica entre quantidades de matéria

Considere que uma massa de pão foi preparada seguindo a receita adequada, que inclui farinha, água e fermento biológico. Após misturar bem todos os ingredientes, a massa foi deixada em repouso por certo tempo antes de ser assada. Se, nesse intervalo, 4,50 g de glicose reagiram completamente por meio da fermentação alcoólica, como calcular a massa de dióxido de carbono produzido?

Primeiramente, vamos usar a massa molar da glicose ($180\ g \cdot mol^{-1}$) para calcular a quantidade (em mol) de glicose que reagiu:

$$n_{glicose} = \frac{m_{glicose}}{M_{glicose}} = \frac{4{,}50\ g}{180\ g \cdot mol^{-1}} \Rightarrow n_{glicose} = 0{,}025\ mol$$

A seguir, utilizamos a proporção dos coeficientes estequiométricos:

$$C_6H_{12}O_6\,(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O\,(aq) + 2\,CO_2\,(g)$$

Proporção:	1 mol		2 mol
Grandezas:	Quantidade de matéria		Quantidade de matéria
	1 mol		2 mol
	0,025 mol		n_{CO_2}

$\Rightarrow n_{CO_2} = 0{,}050\ mol$

Essa é a quantidade, em mol, de CO_2 produzido. Para saber a massa desse gás, utilizamos a seguinte equação (do Capítulo 10) e a massa molar do CO_2 ($44\ g \cdot mol^{-1}$):

$$m_{CO_2} = n_{CO_2} \cdot M_{CO_2} = 0{,}050\ mol \cdot 44\ g \cdot mol^{-1} \Rightarrow \boxed{m_{CO_2} = 2{,}2\ g}$$

Assim, chegamos à massa de dióxido de carbono produzido e liberado dentro da massa do pão, durante o período em que ela permaneceu em repouso.

Relação estequiométrica entre massas

Podemos, de modo conciso, chegar ao mesmo resultado calculado anteriormente se, a partir da proporção estequiométrica expressa pelos coeficientes, estabelecermos uma proporcionalidade em massa. Isso pode ser feito assim:

$$C_6H_{12}O_6\,(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O\,(aq) + 2\,CO_2\,(g)$$

Proporção:	1 mol		2 mol
Grandezas:	Massa		Massa
	180 g		$2 \cdot 44$ g
	4,5 g		m_{CO_2}

$\Rightarrow \boxed{m_{CO_2} = 2{,}2\ g}$

Cálculos estequiométricos são largamente empregados em atividades diversas, como as industriais e laboratoriais (Fig. 2).

JOA SOUZA /SHUTTERSTOCK

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Figura 2. A estequiometria é usada em indústrias químicas, para calcular a proporção entre reagentes, e em análises químicas, para determinar a quantidade de substâncias em amostras. (A) Indústria química (Camaçari, BA, 2021). (B) Laboratório químico universitário (Campo Novo do Parecis, MT, 2018).

Dialogando com o texto

Estudantes de automação industrial criaram o algoritmo a seguir para um programa que comandará um equipamento destinado à realização de reações do tipo:

$$a\,\mathbf{A}\,(s) + b\,\mathbf{B}\,(l) \rightarrow c\,\mathbf{C}\,(s)$$

No início, cada reagente é colocado em um compartimento separado: **A** é sólido em pó e **B** é líquido, disponível em excesso. Eles reagirão, sob agitação, em outro compartimento, o **reator**. A cada 1 segundo, 1 mL do reagente **B** será adicionado, até perfazer o volume $V(\mathbf{B})$, que corresponde à quantidade estequiométrica.

O usuário deve inserir dados: os coeficientes estequiométricos (a e b), a massa molar, em g/mol, dos reagentes ($M(\mathbf{A})$ e $M(\mathbf{B})$) e a densidade, em g/mL, de **B** ($d(\mathbf{B})$).

1. Deduza a expressão que falta no algoritmo, indicada por "**?**".
2. Pesquise o que é um *loop*, identifique o *loop* que existe no algoritmo e explique que condição é usada para sair dele.

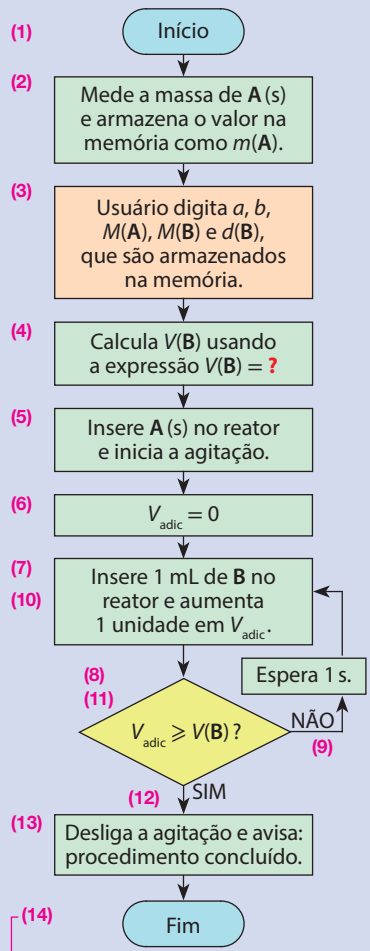


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Os números referem-se à análise reali[illegible] no Suplemento para o professor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

Toda equação química corretamente balanceada pode ser interpretada estequiometricamente

Os cálculos estequiométricos podem ser empregados em diversas áreas de pesquisa e em muitas aplicações práticas, já que possibilitam determinar a proporção entre as quantidades de reagentes e produtos de uma reação química a partir da equação química corretamente balanceada que a representa.

A estequiometria pode ser usada, por exemplo, na interpretação de reações bioquímicas, isto é, reações químicas que ocorrem em seres vivos. Consideremos o caso das bactérias nitrificantes, que vivem no solo e convertem amônio (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) para obter a energia de que necessitam para o funcionamento de seu metabolismo e, portanto, para sua sobrevivência.

A equação química da reação global que representa a reação química mencionada, realizada por essas bactérias, é:

$$2\,NH_4^+ + 3\,O_2 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,NO_2^- + 4\,H_3O^+$$

Analisando a proporção expressa pelos coeficientes estequiométricos dessa equação química, podemos concluir que 2 mol de amônio (NH_4^+) reagem com 3 mol de gás oxigênio (O_2) e 2 mol de água (H_2O), produzindo 2 mol de nitrito (NO_2^-) e 4 mol de oxônio (H_3O^+).

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. As reações de neutralização ácido-base são muito importantes na Química. Um exemplo é a reação entre ácido sulfúrico e hidróxido de sódio em solução aquosa, que pode ser assim representada:

$$H_2SO_4\,(aq) + 2\,NaOH\,(aq) \rightarrow Na_2SO_4\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$$

Qual é a quantidade em mols de NaOH necessária à completa neutralização de 5 mol de H_2SO_4?

2. O gás hidrogênio é combustível e pode explodir na presença de chamas ou faíscas elétricas. A explosão consiste na reação química entre o gás hidrogênio, H_2, e o gás oxigênio, O_2, que produz água.

a. Escreva a equação corretamente balanceada que representa essa reação química.

b. Qual é a proporção estequiométrica entre as quantidades em mols dos reagentes e do produto dessa reação?

c. Quantos mols de água seriam produto da reação entre 100 mol de hidrogênio e 50 mol de oxigênio?

3. O ácido fosfórico, H_3PO_4, empregado em alguns procedimentos odontológicos, pode ser produzido por meio da reação entre ácido sulfúrico, H_2SO_4, e fosfato de cálcio, $Ca_3(PO_4)_2$ (proveniente da rocha apatita), de acordo com a reação assim equacionada:

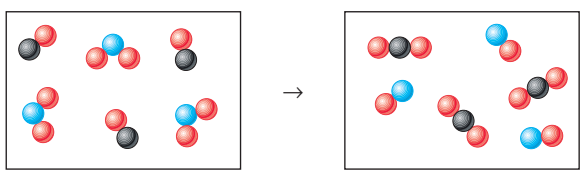
$$3\,H_2SO_4\,(aq) + Ca_3(PO_4)_2\,(aq) \rightarrow 2\,H_3PO_4\,(aq) + 3\,CaSO_4\,(s)$$

a. Que quantidades (em mol) de ácido sulfúrico e de fosfato de cálcio são necessárias para produzir 10 mol de ácido fosfórico?

b. O sulfato de cálcio, $CaSO_4$, outro produto da reação, é usado para fazer gesso, massa corrida e giz escolar. Quantos mols de sulfato de cálcio são produzidos juntamente com 10 mol do ácido fosfórico?

Consulte a tabela periódica que está no final deste livro sempre que considerar necessário.

4. Analise os seguintes modelos que representam, em nível atômico-molecular, um sistema gasoso antes e depois de uma reação química. As esferas vermelhas representam átomos do elemento químico oxigênio; as pretas, átomos do elemento químico carbono; e as azuis, átomos do elemento químico nitrogênio. Sobre o sistema, responda às questões.



Representação esquemática em que os átomos estão representados por esferas em tamanho ampliado algumas dezenas de milhões de vezes. Cores meramente ilustrativas. Fora de proporção.

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

a. Equacione a reação envolvida.

b. Admita que, no início, haja 1 mol de moléculas de cada reagente. Qual é a massa total dos reagentes? E a massa total dos produtos?

c. Podemos afirmar que a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos? Isso é compatível com o fato de os átomos se conservarem quando uma reação química ocorre?

5. A amônia, NH_3, é um importante insumo para as indústrias químicas, sendo matéria-prima para a produção de plásticos, fibras têxteis, corantes, ração para gado, fármacos, produtos de limpeza e espuma para colchões e travesseiros. Determinada indústria de amônia produz 8,5 t diárias dessa substância, por meio da reação assim equacionada:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightarrow 2\,NH_3(g)$$

a. Quantos mols de NH_3 são produzidos por dia?

b. Estabeleça a proporção estequiométrica entre as quantidades (em mol) de reagentes e produto e utilize-a para determinar as quantidades de reagentes utilizadas diariamente.

c. Use os resultados do item **b** para determinar as massas de reagentes utilizadas em um dia.

d. Estabeleça a proporção entre massas de reagentes e produto e use-a para determinar as massas de reagentes utilizadas diariamente. O resultado está de acordo com o calculado em **c**? Por quê?

6. Um caminhão-tanque capotou na estrada, derramando nela 4,9 t de ácido sulfúrico, H_2SO_4. Os técnicos do órgão de saneamento ambiental utilizaram cal viva, CaO, para neutralizar o ácido. Considerando a equação a seguir, que representa a reação envolvida, determine a massa mínima de cal que deve ser empregada no processo.

$$CaO(s) + H_2SO_4(l) \rightarrow CaSO_4(s) + H_2O(l)$$

7. O hipoclorito de sódio, NaClO, é uma substância comercializada, em solução aquosa, com o nome de água sanitária, apresentando propriedades bactericidas e alvejantes. O sal é produzido por meio da reação química de gás cloro, Cl_2, com soda cáustica, NaOH, de acordo com a equação a seguir:

$$Cl_2(g) + 2\,NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + NaClO(aq) + H_2O(l)$$

Quais são as massas de gás cloro e soda cáustica necessárias para a obtenção de 1,490 kg de hipoclorito de sódio?

8. O manganês metálico pode, entre outras aplicações, ser usado para aumentar a resistência do aço, quando incluído nessa liga. Pode-se obter manganês metálico por meio da reação entre dióxido de manganês, MnO_2 (proveniente do minério pirolusita), e alumínio metálico, segundo a equação:

$$3\,MnO_2(s) + 4\,Al(s) \rightarrow 2\,Al_2O_3(s) + 3\,Mn(s)$$

Faça uma previsão da massa de MnO_2 que precisa reagir para que sejam produzidas 5,0 t de manganês metálico.

9. O magnésio, Mg (s), é um metal que queima na presença de gás oxigênio, O_2 (g), produzindo como único produto um sólido branco, o óxido de magnésio, MgO (s). Em uma série de experimentos, a massa de magnésio usada, *m*(Mg), e a massa de produto obtida, *m*(MgO), foram medidas e tabeladas:

Massa do reagente magnésio e do produto óxido de magnésio

Experimento	*m*(Mg) (g)	*m*(MgO) (g)
1	4,86	8,06
2	7,29	12,09
3	9,72	16,12
4	12,15	20,15
5	14,58	24,18
6	17,01	28,21

Fonte: elaborada pelos autores.

a. Pesquise o que é a **lei de Lavoisier** e utilize-a para determinar a massa de gás oxigênio que reagiu em cada experimento.

b. Elabore uma tabela que relacione, para os experimentos, as quantidades (em mol) de cada reagente que participou da reação e a quantidade (em mol) formada de produto.

c. Equacione a reação química mencionada e explique se a tabela elaborada no item **b** está de acordo com a proporção estequiométrica.

d. É correto afirmar que, em uma reação química, as quantidades (em mol) se conservam? Argumente fundamentado em dados.

2. Relação estequiométrica envolvendo volume gasoso

Lei volumétrica de Gay-Lussac

No início do século XIX, o francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) realizou uma série de experimentos nos quais mediu, nas **mesmas condições de pressão e temperatura**, o volume de gases envolvidos em reações químicas.

Consideremos a transformação dos gases hidrogênio e nitrogênio em gás amônia, supostos gases ideais (consideração que despreza a atuação de forças atrativas entre as moléculas e as considera pontos

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

sem dimensão), a pressão e temperatura constantes. Nessa reação química, exemplos dos volumes dos reagentes que efetivamente se transformam em determinado volume de produto são mostrados a seguir.

Diversos experimentos:	nitrogênio	+	hidrogênio	→	amônia
1º	50 mL		150 mL		100 mL
2º	100 mL		300 mL		200 mL
3º	500 mL		1.500 mL		1.000 mL
4º	1 L		3 L		2 L
5º	2 L		6 L		4 L
6º	3 L		9 L		6 L
7º	4 L		12 L		8 L

De uma repetição para a outra, variam os volumes dos participantes gasosos. Mas a **proporção** entre os volumes desses participantes é constante.

	N_2	+	$3\ H_2$	→	$2\ NH_3$
Proporção entre volumes:	**1**	**:**	**3**	**:**	**2**

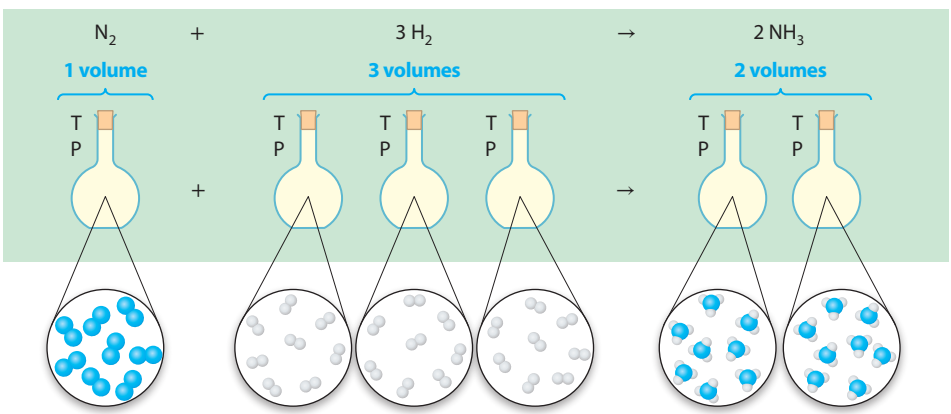
Fundamentado em resultados experimentais como esses que utilizamos como exemplo, Gay-Lussac pôde enunciar que os volumes de substâncias gasosas participantes de uma determinada reação química, quando medidos nas mesmas condições de pressão e temperatura, mantêm entre si uma **proporção fixa** que pode ser expressa por meio de **números inteiros e pequenos**. Esse enunciado ficou conhecido como **lei volumétrica de Gay-Lussac**.

Interpretação da lei volumétrica de Gay-Lussac

Com base nas ideias aceitas atualmente, pode-se propor uma explicação para a lei de Gay-Lussac. Primeiramente, perceba que a proporção entre volumes dos participantes gasosos é a mesma que a existente entre mols. Considerando o exemplo anteriormente mencionado:

	N_2	+	$3\ H_2$	→	$2\ NH_3$
Proporção entre volumes:	**1**	**:**	**3**	**:**	**2**
Proporção entre mols:	**1**	**:**	**3**	**:**	**2**

Para uma amostra de gás ideal que esteja submetida a determinada pressão e determinada temperatura constantes, o volume depende exclusivamente da quantidade em mols de gás nessa amostra. Então, como o volume de diferentes gases ideais nas mesmas condições de pressão e temperatura é diretamente proporcional à quantidade em mols, a **proporção** entre os volumes de gases que participam de uma reação (com pressão e temperatura constantes) é a mesma **proporção** que existe entre as quantidades em mols desses participantes. Essa é uma interpretação da lei volumétrica de Gay-Lussac, exemplificada na Figura 3.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Esquematização da proporção volumétrica (nas mesmas condições de pressão e temperatura) entre reagentes e produto de uma reação química envolvendo gases. (Átomos representados por esferas em cores meramente ilustrativas. Fora de proporção.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Relação estequiométrica que inclua volume gasoso

Voltemos à situação proposta no item 1 deste capítulo, em que calculamos a quantidade em mol e a massa do dióxido de carbono resultante da transformação química de 4,5 g de glicose.

Suponha que nosso interesse fosse saber o volume de gás carbônico liberado dentro da massa do pão, nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), no intervalo de tempo em que ela permaneceu em repouso antes de ir ao forno. Nesse caso, partindo da proporção dos coeficientes, estabelecemos uma proporcionalidade entre massa de glicose que reagiu e volume de gás liberado.

Consultando, em fontes confiáveis de informação, o volume molar de gás ideal referente às condições ambientes (25 °C e 1 atm), verificamos que ele é 24,5 L/mol. Isso significa que 1 mol de um gás qualquer, suposto de comportamento ideal, tem volume de 24,5 L, a 25 °C e 1 atm. Assim, podemos calcular o volume de dióxido de carbono gasoso:

$$C_6H_{12}O_6\,(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O\,(aq) + 2\,CO_2\,(g)$$

Proporção:	**1 mol**		**2 mol**
Grandezas:	**Massa**		**Volume**
	180 g	———	$2 \cdot 24{,}5$ L
	4,5 g	———	V_{CO_2}

$\Rightarrow \boxed{V_{CO_2} = 1{,}2\ L}$

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

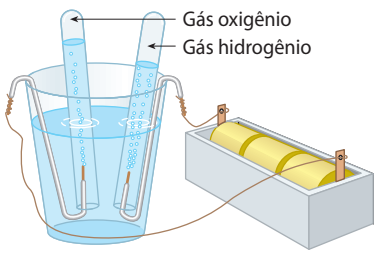
10. Ácido clorídrico é um nome pelo qual é conhecido o gás cloreto de hidrogênio, HCl, quando em solução aquosa. A produção industrial do gás cloreto de hidrogênio ocorre por meio da reação entre os gases hidrogênio, H_2, e cloro, Cl_2.

a. Equacione a reação envolvida.

b. Qual é a proporção estequiométrica entre as quantidades em mols de reagentes e produto?

c. Qual é a proporção entre os volumes de reagentes e produto, medidos na mesma pressão e temperatura?

11. A passagem de corrente elétrica por meio de uma solução aquosa de sulfato de sódio, usando três pilhas em série e fios de um metal que não reaja durante o processo, provoca a decomposição da água nos gases hidrogênio, H_2, e oxigênio, O_2.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Esquematização da decomposição da água por eletrólise usando pilhas e eletrodos metálicos inertes. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

a. Equacione a reação envolvida.

b. Explique por que os volumes dos dois produtos (nas mesmas condições de pressão e temperatura) não são iguais e estabeleça uma previsão da relação entre esses volumes.

12. Durante um churrasco, foram queimados 2,4 kg de carbono grafite, C (graf), constituinte principal do carvão. Essa queima ocorre de acordo com a seguinte equação química:

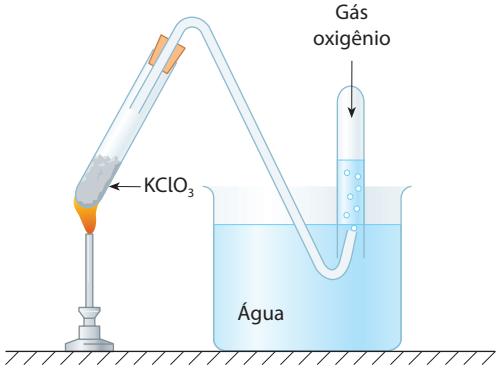
$$C\,(graf) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g)$$

Nessa reação química, carbono grafite e gás oxigênio são reagentes e dióxido de carbono (gás carbônico) é produto. Considere que os volumes desses gases fossem medidos a 25 °C e 1 atm, situação em que o volume molar dos gases ideais é 24,5 L.

a. Determine o volume do oxigênio consumido.

b. Determine o volume de gás carbônico produzido.

13. O gás oxigênio é extraído industrialmente do ar atmosférico. Em laboratório, pode ser obtido pela decomposição do $KClO_3$ sólido que, aquecido numa aparelhagem como a ilustrada a seguir, produz KCl sólido e O_2 gasoso.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Para produzir 500 mL de O_2, recolhido a 30 °C e 1 atm, qual deve ser a massa de $KClO_3$ decomposta?

(Dado: Volume molar de gás ideal a 30 °C e 1 atm = 25 L)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Excesso de reagente

Consideremos novamente, como exemplo, a reação química de síntese da amônia, que pode ser assim equacionada:

$$1\,N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightarrow 2\,NH_3(g)$$

Para cada molécula de N_2 que reage, três moléculas de H_2 reagem também. Assim, há uma proporção entre as quantidades de moléculas que participam da reação e, por conseguinte, uma proporção entre as quantidades em mols. A proporção entre os reagentes é:

$$1 \text{ mol de } N_2 : 3 \text{ mol de } H_2$$

Para uma dada quantidade de N_2, se estiver presente mais H_2 que o necessário, as moléculas de H_2 em excesso não reagirão porque não há moléculas disponíveis de N_2 para reagir com elas. Nesse caso, dizemos que existe **excesso do reagente** gás hidrogênio. O excesso de um reagente permanece sem reagir.

Podemos avaliar a presença de excesso consultando a proporção em mols, expressa pelos coeficientes estequiométricos.

$$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$$

Proporção entre mols de reagentes: **1 mol** **3 mol**

Se as quantidades em mols dos reagentes estiverem presentes exatamente na proporção estequiométrica, então dizemos que não há excesso de nenhum deles.

Contudo, se eles **não** estiverem presentes nessa proporção, então um deles estará em excesso. Por exemplo, se a mistura de reagentes contiver 10 mol de N_2 e 40 mol de H_2, haverá excesso de 10 mol de H_2. E, se a mistura de reagentes contiver 20 mol de N_2 e 30 mol de H_2, haverá excesso de 10 mol de N_2.

Chamamos de **reagente limitante** o reagente que pode ser consumido totalmente em uma reação química. Após o consumo do reagente limitante, não existe a possibilidade de a reação prosseguir. Por outro lado, chamamos de **reagente em excesso** o reagente existente em quantidade superior à necessária para reagir com a quantidade existente do reagente limitante.

Podemos verificar se existe excesso de um reagente consultando a proporção em mols entre os reagentes, como acabamos de mostrar. Também podemos usar a proporção entre as massas dos reagentes, como mostraremos agora.

$$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$$

Proporção entre mols de reagentes: **1 mol** **3 mol**

A massa de 1 mol de N_2 é 28 g ↓ **A massa de 1 mol de H_2 é 2 g** ↓

Proporção entre massas de reagentes: **28 g** **6 g**

Assim, por exemplo, se a mistura de reagentes contiver 14 g de N_2 e 3 g de H_2, ambos os reagentes estarão na proporção estequiométrica.

Porém, se a mistura de reagentes contiver 14 g de N_2 e 5 g de H_2, haverá excesso de 2 g de H_2. E, se a mistura de reagentes contiver 16 g de N_2 e 3 g de H_2, haverá excesso de 2 g de N_2.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Uma pequena empresa comercializa produtos de higiene pessoal. Seus colaboradores embalam três sabonetes e um xampu em uma única caixa, formando um conjunto que é vendido aos consumidores.

Essa empresa não fabrica sabonete nem xampu; ela os compra de outras empresas. Cada sabonete incorporado ao conjunto tem massa 100 g (produto mais embalagem) e o xampu tem massa 500 g (produto mais embalagem).

Chegou um carregamento com 8 kg de sabonetes e 10 kg de xampus.

Um colaborador da empresa, ao receber o carregamento, comentou com outro: "Chegaram mais xampus do que sabonetes. Vai sobrar xampu!"

Sobrarão xampus, sobrarão sabonetes ou eles estão na proporção adequada para a elaboração dos conjuntos?

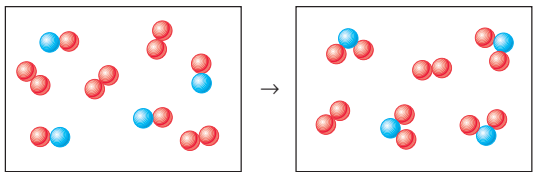
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

14. Observe os seguintes modelos que representam, em nível atômico-molecular, um sistema gasoso antes e depois da ocorrência de uma reação química. As esferas vermelhas representam átomos do elemento químico oxigênio e as azuis, átomos do elemento químico nitrogênio.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Representação esquemática em que os átomos estão representados por esferas em tamanho ampliado algumas dezenas de milhões de vezes. Cores meramente ilustrativas. Fora de proporção.

a. Equacione a reação química envolvida.

b. Há algum reagente em excesso? Em caso afirmativo, qual é ele? Em caso negativo, justifique como concluiu.

15. Considere a reação química de síntese da água pela reação entre os gases hidrogênio e oxigênio.

a. Quantos mols de água podem ser obtidos a partir de uma mistura que contenha 10 mol de cada reagente?

b. Qual o reagente em excesso?

16. Em uma das etapas da fabricação do ácido nítrico, a amônia reage com o oxigênio de acordo com a seguinte equação:

$$4\,NH_3(g) + 5\,O_2(g) \rightarrow 4\,NO(g) + 6\,H_2O(g)$$

Ao empregar 10 mol de amônia e 15 mol de gás oxigênio:

a. qual a quantidade em mols de NO que se poderá obter?

b. haverá reagente em excesso? Explique.

17. O bicarbonato de amônio, NH_4HCO_3, é um sal usado como fermento nas fábricas de biscoito. Sua produção industrial envolve a reação, sob condições apropriadas, de amônia, água e dióxido de carbono, de acordo com a equação:

$$NH_3\,(aq) + H_2O\,(l) + CO_2\,(aq) \rightarrow NH_4HCO_3\,(s)$$

Deseja-se produzir o sal a partir de 55 g de amônia, 110 g de dióxido de carbono e de quanta água for necessária.

a. Qual dos reagentes, amônia ou dióxido de carbono, está em excesso? (Consulte a tabela periódica no final deste livro para obter os dados eventualmente necessários.)

b. Qual a massa de água que reagirá?

c. Qual a massa de sal produzido?

4. Reações sucessivas, pureza e rendimento

Em uma indústria sucroalcooleira (que produz açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar) de pequeno porte, químicos e engenheiros estão testando o protótipo em tamanho reduzido de um novo reator (recipiente em que se realizam reações químicas) para obter etanol. Atualmente, o rendimento da produção de etanol nessa indústria é 48,0%. O novo equipamento operará em condições distintas das atuais, visando melhorar esse rendimento.

A sequência de reações será a mesma empregada hoje: (1) hidrólise da sacarose existente no caldo de cana (garapa), que produz glicose e frutose; (2) fermentação alcoólica da glicose; (3) fermentação alcoólica da frutose. Essas reações ocorrem na presença de enzimas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e são assim equacionadas:

(1) $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + C_6H_{12}O_6(aq)$
sacarose — glicose — frutose

(2) $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O(aq) + 2\,CO_2(g)$
glicose — etanol

(3) $C_6H_{12}O_6(aq) \rightarrow 2\,C_2H_6O(aq) + 2\,CO_2(g)$
frutose — etanol

As fórmulas estruturais da sacarose, da glicose e da frutose estão representadas na Figura 4. As equações (2) e (3) são iguais porque a glicose e a frutose, apesar de serem substâncias diferentes, têm fórmulas moleculares iguais.

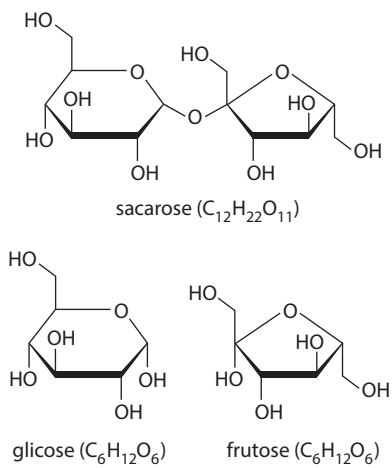


Figura 4. Fórmulas estruturais da sacarose, da glicose e da frutose.

Diferentemente das condições ideais consideradas anteriormente neste capítulo, na prática, as reações químicas são influenciadas por fatores como impurezas dos reagentes, variações dos parâmetros reacionais (temperatura, agitação etc.) e reações indesejadas. Em razão dessas influências, o rendimento das reações geralmente não é total, ou seja, é inferior a 100%.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No teste, os químicos e engenheiros introduziram no reator 10,0 L de caldo de cana, no qual a concentração de sacarose é 171 g/L (isto é, em cada litro de solução estão dissolvidos 171 gramas de sacarose). Transcorrido o tempo necessário para a ocorrência das reações, o etanol produzido foi separado do restante do meio aquoso (que contém produtos indesejados e sacarose que não reagiu) usando um mesmo equipamento empregado atualmente pela empresa, que fornece uma mistura contendo 92,0% (em massa) de etanol, sendo o restante água e pequena porcentagem de outras substâncias. Foram obtidos 550 g da mistura.

Como determinar se o rendimento do processo nesse novo reator é maior que o atual? Vamos discutir como isso é feito, aproveitando para trabalhar três conceitos relacionados à estequiometria: reações sucessivas, pureza e rendimento.

Reações sucessivas

Podemos operar matematicamente com as equações balanceadas (1), (2) e (3) apresentadas, com a intenção de obter a equação global:

(1) $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow \cancel{C_6H_{12}O_6(aq)} + \cancel{C_6H_{12}O_6(aq)}$

(2) $\cancel{C_6H_{12}O_6(aq)} \rightarrow 2\,C_2H_6O(aq) + 2\,CO_2(g)$

(3) $\cancel{C_6H_{12}O_6(aq)} \rightarrow 2\,C_2H_6O(aq) + 2\,CO_2(g)$

(+)

Global: $C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 4\,C_2H_6O(aq) + 4\,CO_2(g)$

Com isso, temos uma equação global balanceada que fornece a proporção estequiométrica entre sacarose e etanol, que é de 1 mol : 4 mol.

Perceba que a glicose produzida em (1) é reagente em (2) e que a frutose produzida em (1) é reagente em (3), o que possibilitou a simplificação feita e forneceu uma equação global na qual glicose e frutose não comparecem. Ao somar equações de reações sucessivas, visamos ao **cancelamento dos intermediários**, substâncias produzidas em uma etapa e que reagem em outra, subsequente.

Pureza

Segundo os dados apresentados anteriormente, 92,0% da massa da mistura final obtida corresponde ao etanol. Portanto, a substância de interesse não está pura, mas misturada com outras substâncias que, nesse contexto, podem ser consideradas **impurezas**.

Quando afirmamos que uma amostra contém impurezas, isso não significa necessariamente que ela apresenta sujeiras ou substâncias tóxicas (embora isso possa acontecer). Significa que a amostra contém, além da substância de interesse, outras que não são úteis ou não são o foco de atenção imediata. Denominamos **pureza** de uma amostra o porcentual de sua massa que corresponde à substância de interesse. No exemplo dado, a pureza do etanol obtido é 92,0%.

Podemos determinar a massa obtida de etanol (m_{obtida}) utilizando a massa total da mistura obtida (550 g) e sua pureza (92,0%):

Massa		Porcentagem
550 g	——	100%
m_{obtida}	——	92,0%

$\Rightarrow m_{obtida} = 506$ g

Rendimento

Vamos agora determinar a massa de etanol que seria teoricamente obtida se a reação tivesse rendimento total (100%), ou seja, caso se completasse sem que reações concorrentes tenham também consumido a sacarose e sem que quaisquer fatores tenham impedido o processo de prosseguir até que toda a sacarose se transformasse em etanol e dióxido de carbono.

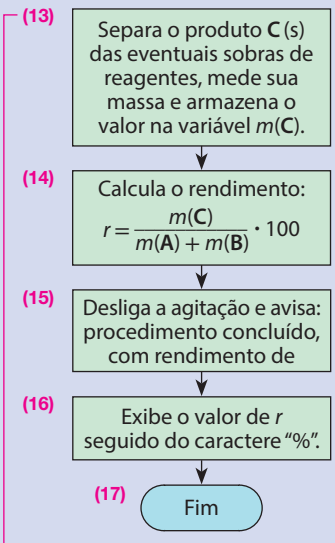
A seu critério, proponha a realização em grupo desta atividade sobre pensamento computacional. Veja demais comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Os estudantes de automação industrial mencionados no *Dialogando com o texto* do item 1 modificaram o algoritmo substituindo o último retângulo e a indicação de fim pelo conjunto a seguir.

O equipamento foi aprimorado para separar o produto, **C** (s), das eventuais sobras de reagentes não consumidos, medir sua massa, calcular e informar o rendimento.

Após estudar o item 4, analise o algoritmo **completo** e explique por que a fórmula indicada no segundo retângulo serve, **nesse caso**, para calcular o rendimento.



Os números referem-se à análise realizada no Suplemento para o professor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Como foram empregados 10,0 L de garapa contendo 171 g/L de sacarose, a massa total utilizada de sacarose ($m_{sacarose}$) foi:

Massa de sacarose		Volume de garapa
171 g	——	1 L
$m_{sacarose}$	——	10,0 L

$\Rightarrow m_{sacarose} = 1.710$ g

Então, podemos calcular a massa teórica ($m_{teórica}$) associada ao rendimento máximo. O cálculo emprega a proporção estequiométrica entre sacarose e etanol (1 mol : 4 mol), que é evidenciada pela equação global, assim como a massa total de sacarose utilizada:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 4\,C_2H_6O(aq) + 4\,CO_2(g)$$

Proporção: 1 mol — 4 mol

Grandezas:	Massa		Massa
	342 g	——	4 · 46 g
	1.710 g	——	$m_{teórica}$

$\Rightarrow m_{teórica} = 920$ g

Essa massa teórica indica o máximo que poderia ser obtido se as condições experimentais permitissem rendimento total.

A massa que foi obtida (506 g) corresponde a determinado porcentual da massa teórica (920 g), que é denominado **rendimento** do processo e pode ser assim calculado:

Massa de etanol		Rendimento
920 g	——	100%
506 g	——	r

$\Rightarrow \boxed{r = 55{,}0\%}$

Esse resultado revela que o protótipo em pequena escala do novo reator tem rendimento (55,0%) maior que o atual (48,0%). Se, ao implementar esse protótipo em tamanho real, os químicos e engenheiros químicos conseguirem fazer com que o processo no novo reator reproduza esse rendimento mais elevado, a mudança terá um impacto positivo na produção de etanol dessa indústria.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

18. O zinco é o metal empregado na galvanização do ferro, processo que consiste em revestir objetos de ferro com uma camada de zinco, que o torna um pouco mais resistente à corrosão. O ferro galvanizado é usado, por exemplo, na fabricação de arames e calhas.
O zinco metálico é produzido industrialmente, por meio de duas reações químicas, a partir do ZnS obtido do minério blenda. As etapas são assim equacionadas:

$$2\,ZnS(s) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,ZnO(s) + 2\,SO_2(g)$$
$$ZnO(s) + CO(g) \rightarrow Zn(s) + CO_2(g)$$

Considerando que ambas as etapas tenham rendimento total e que os demais reagentes estejam em quantidade suficiente, quantos mols de zinco metálico podem ser obtidos a partir de 8,5 mol de ZnS?

19. Fundamentado nas informações da atividade anterior, faça uma estimativa da massa de zinco metálico que pode ser obtida a partir de 2,925 t de ZnS.

20. A ureia, $CO(NH_2)_2$, é uma substância com várias aplicações industriais, entre as quais se destacam o emprego em fertilizantes, em rações para gado e como matéria-prima na fabricação de algumas variedades de plásticos. A produção industrial da ureia envolve a síntese da amônia, seguida pela sua reação com dióxido de carbono, sob condições apropriadas.

$$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$$
$$2\,NH_3 + CO_2 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$$

Admitindo que ambas as etapas tenham rendimento total, quantos mols de ureia são produzidos a partir de 100 mol de gás nitrogênio?

21. Expresse a resposta da questão anterior em massa de ureia. (Você já sabe: **a tabela periódica é para ser consultada!**)

CONTINUA

22. Uma indústria siderúrgica produziu um lote de ferro a partir de 1.000 t de minério hematita que continha 80% de Fe_2O_3 (a reação química deste processo está equacionada a seguir). Admitindo rendimento de 100%, qual é a massa obtida do metal?

$$Fe_2O_3(s) + 3\,CO(g) \rightarrow 2\,Fe(s) + 3\,CO_2(g)$$

23. (Enem) Fator de emissão (*carbon footprint*) é um termo utilizado para expressar a quantidade de gases que contribuem para o aquecimento global, emitidos por uma fonte ou processo industrial específico. Pode-se pensar na quantidade de gases emitidos por uma indústria, uma cidade ou mesmo por uma pessoa. Para o gás CO_2, a relação pode ser escrita:

23. d

$$\text{Fator de emissão de } CO_2 = \frac{\text{Massa de } CO_2 \text{ emitida}}{\text{Quantidade de material}}$$

O termo "quantidade de material" pode ser, por exemplo, a massa de material produzido em uma indústria ou a quantidade de gasolina consumida por um carro em um determinado período. No caso da produção do cimento, o primeiro passo é a obtenção do óxido de cálcio, a partir do aquecimento do calcário a altas temperaturas, de acordo com a reação:

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$$

Uma vez processada essa reação, outros compostos inorgânicos são adicionados ao óxido de cálcio, tendo o cimento formado 62% de CaO em sua composição.

Dados: Massas molares em g/mol:

$$CO_2 = 44;\ CaCO_3 = 100;\ CaO = 56.$$

Fonte: TREPTOW, R. S. Carbon footprint calculations: an application of chemical principles. **Journal of Chemical Education**. v. 87, n. 2, p. 168-171, jan. 2010 (adaptado).

Considerando as informações apresentadas no texto, qual é, aproximadamente, o fator de emissão de CO_2 quando 1 tonelada de cimento for produzida, levando-se em consideração apenas a etapa de obtenção do óxido de cálcio?

a. $4{,}9 \times 10^{-4}$
b. $7{,}9 \times 10^{-4}$
c. $3{,}8 \times 10^{-1}$
d. $4{,}9 \times 10^{-1}$
e. $7{,}9 \times 10^{-1}$

24. Uma amostra de 4,0 g de latão, liga dos metais cobre e zinco, foi tratada com ácido clorídrico, HCl (aq), suficiente para que todo o zinco reagisse, com rendimento total, de acordo com a equação:

$$Zn(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$$

Foram produzidos 560 mL de gás hidrogênio (H_2), medidos a 0 °C e 1 atm.

Sabe-se que o cobre não reage com ácido clorídrico e que o volume molar de um gás ideal, a 0 °C e 1 atm, é 22,4 L/mol.

Mostre que é possível determinar a massa de zinco na amostra de latão analisada. Realize o cálculo e determine também que porcentagem da massa da amostra ela representa.

25. O calcário é uma rocha que, por apresentar carbonato de cálcio ($CaCO_3$) em sua composição, é empregada na obtenção de cal viva (CaO), um importante produto industrial. Uma amostra de 25 g de calcário foi submetida à decomposição por aquecimento e verificou-se a produção de 5,0 L de gás carbônico (CO_2), volume que foi medido a 30 °C e 1 atm. (Considere que as impurezas da amostra não produzam CO_2 e que o volume molar de gás ideal, a 30 °C e 1 atm, é 25 L/mol.)

$$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$$

a. Qual é a massa de $CaCO_3$ presente na amostra?
b. Determine o grau de pureza da amostra, ou seja, a porcentagem de $CaCO_3$ nela existente.

26. O crômio (que alguns chamam de cromo) é um metal empregado, entre outras finalidades, na produção do aço inox e no revestimento (cromação) de algumas peças metálicas. Esse metal é produzido por meio de uma reação que pode ser assim equacionada:

$$Cr_2O_3(s) + 2\,Al(s) \rightarrow 2\,Cr(s) + Al_2O_3(s)$$

Em uma indústria metalúrgica que produz crômio metálico, esse processo ocorre com rendimento de 75%. Quantos mols de crômio metálico podem ser obtidos a partir de 50 mol de trióxido de dicromo (Cr_2O_3) e 100 mol do metal alumínio?

27. Embora a prata possa ser encontrada na natureza na forma de substância simples, a maior parte de sua produção é executada por meio da reação química entre o sulfeto de prata (Ag_2S), proveniente de um minério de prata, a argentita, e o oxigênio do ar. Essa reação é assim equacionada:

$$Ag_2S(s) + O_2(g) \rightarrow 2\,Ag(s) + SO_2(g)$$

Em determinada indústria, essa reação é realizada em condições adequadas para atingir um rendimento de 80%. Faça uma estimativa de quantos mols de Ag_2S são necessários para, reagindo com a quantidade suficiente de oxigênio, produzir 16 mol de prata.

28. Como comentamos neste capítulo, o etanol (C_2H_6O) é obtido a partir da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) por meio da reação assim equacionada:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 4\,C_2H_6O(aq) + 4\,CO_2(g)$$

Realizando esse processo em um laboratório que simula processos industriais, um grupo de estudantes obteve 900 L de gás carbônico, medidos a 30 °C e 1 atm, a partir de 6.840 g de sacarose.

a. Considerando que o volume molar de gás ideal, a 30 °C e 1 atm, seja 25 L/mol, e admitindo que nenhuma outra reação que produza CO_2 tenha ocorrido no meio reacional, mostre qual é o rendimento que os estudantes obtiveram no processo.
b. Faça uma estimativa da massa de etanol obtida pelo grupo de estudantes nesse procedimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO Mapas conceituais

No Capítulo 10, comentamos como criar mapas mentais. Parte daquela elaboração requer selecionar palavras-chave que designam conceitos. Essa seleção também serve para outra estratégia de estudo e aprendizado, a elaboração de um **mapa conceitual**. Trata-se de uma representação gráfica em que um conceito mais amplo é indicado no topo da página e, a partir dele, linhas (com ou sem ponta de seta) o conectam a outros conceitos a ele relacionados.

Junto das linhas, são escritas **palavras de ligação**, que estabelecem a conexão entre dois conceitos. Perceba que, diferentemente dos mapas mentais, nos quais as associações de ideias são deixadas a cargo do leitor, nos mapas conceituais existe ênfase não somente nos conceitos, mas também na ideia lógica que os interconecta.

Um exemplo está na Figura 5. Interprete esse mapa conceitual, no qual cinco conceitos foram substituídos por números, para que você, como atividade, indique no caderno que palavras substituiriam adequadamente esses números.

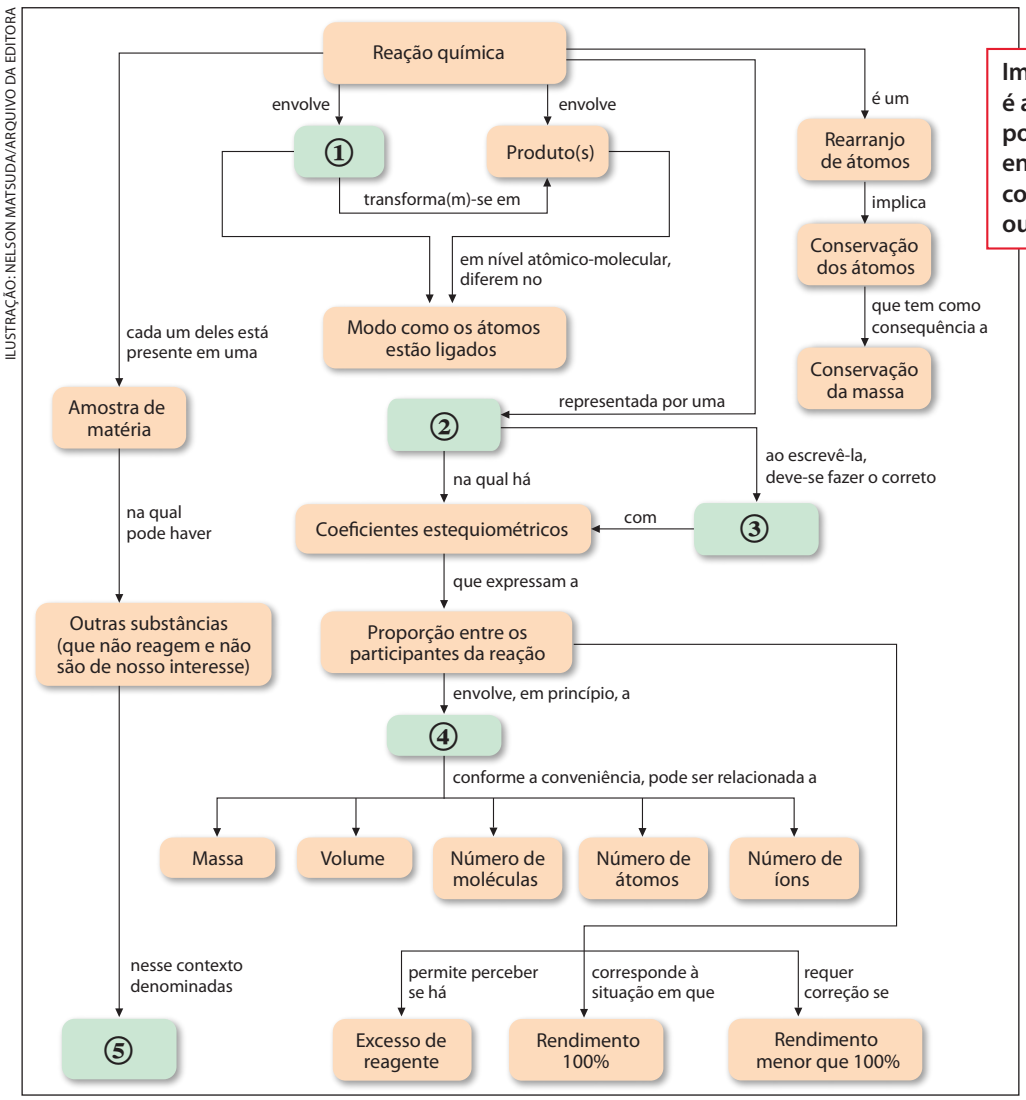


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Importante: Essa é apenas uma possibilidade de mapa envolvendo esses conceitos. Muitas outras são possíveis!

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 5. Possível mapa conceitual com assuntos estudados neste capítulo. Os números referem-se a uma atividade proposta no texto desta seção.

Estratégia para elaboração

Faça uma lista dos conceitos que entrarão no mapa. Escreva os conceitos em pedacinhos de papel e distribua-os sobre uma mesa, a fim de poder modificar livremente sua posição. Escolha o conceito de partida. Mexendo nos demais papéis, faça grupos com os conceitos mais fortemente relacionados. A seguir, arranje os conceitos dentro de cada grupo, levando em conta que as relações não precisam ser lineares, mas podem ser ramificadas.

Após decidir a posição dos papéis, cole-os em uma folha de papel, trace as linhas e escreva as palavras de ligação. Analise em que esse rascunho pode ser melhorado, reposicionando, acrescentando ou removendo partes. A seguir, passe a limpo para uma obter uma versão final.

Agora, escolha outro capítulo deste livro, que já tenha sido estudado, e elabore um mapa dos conceitos nele presentes.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

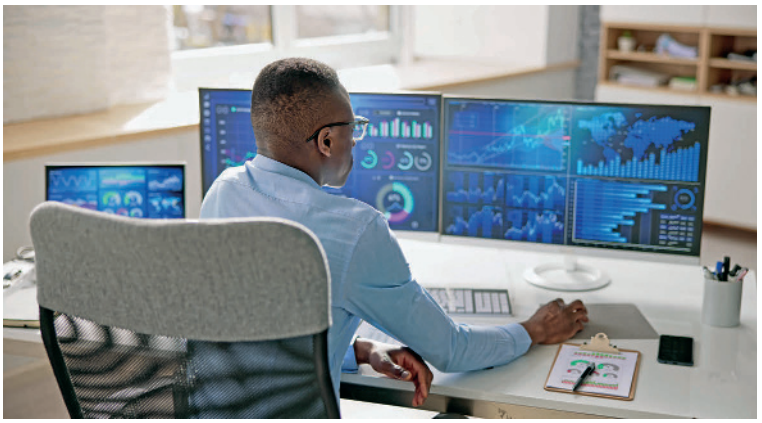
MUNDO DO TRABALHO

Atuação profissional e Ciências da Natureza

Nesta seção, propomos uma atividade em que cada grupo desenvolverá uma pesquisa em três etapas. Ao final, em uma quarta etapa, o material produzido será reunido em materiais de divulgação para a comunidade.

1ª etapa – Assim como a estequiometria, **vários temas estudados pelas Ciências da Natureza são de importância para muitas profissões**. Pesquisem algumas delas.

Qual é a relevância econômica, social e ambiental dessas profissões? Que universidades públicas brasileiras oferecem formação nessas áreas e como um estudante pode ter acesso a essa formação? Que aspectos da tecnologia (Fig. 6) são importantes para essas profissões?



ANDREYPOPOV/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 6. Inovações tecnológicas têm grande influência sobre diversas tendências do mundo do trabalho.

2ª etapa – Quando o mercado de trabalho procura um profissional, deseja que ele tenha determinado conjunto de características que constituem o **perfil do profissional** procurado. Esse perfil pode variar consideravelmente de uma situação de contratação para outra, e não envolve somente formação acadêmica.

Por que apenas conhecimentos teóricos e técnicos não são suficientes para que um profissional tenha sucesso em sua atividade? Que outras qualidades e habilidades vocês julgam importantes para ser um bom profissional e ter sucesso na profissão? Reflitam sobre essas habilidades e elaborem uma relação das que julgarem mais relevantes. (Figura 7.)

Além de refletirem e pesquisarem em fontes confiáveis de informação, entrevistem profissionais que considerem bem-sucedidos e preocupados não só com a própria carreira mas também com o bem-estar da sociedade.

3ª etapa – A escolha de uma profissão e a realização profissional podem trazer gratificações. No entanto, muitos outros fatores são essenciais para nosso bem-estar e qualidade de vida.

Conversem sobre as profissões que chamam a atenção dos integrantes do grupo. Em seguida, registrem quais aspectos, além do profissional, são significativos para cada um de vocês.

Pesquisem sobre pessoas que fizeram contribuições relevantes para as profissões escolhidas. Quantas dessas pessoas são mulheres? Discutam sobre como podemos nos espelhar nessas figuras importantes para promover o **protagonismo feminino**.

PAPERKITES/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 7. As demandas e os desafios profissionais exigem habilidades que vão além de conhecimentos teóricos e técnicos. Algumas dessas habilidades são específicas da área de atuação, mas outras são comuns a muitas profissões.

4ª etapa – Hora de transformar o material em vídeos e/ou *podcasts* para a comunidade (sugestões sobre essas formas de expressão estão nas seções *Educação midiática* dos Capítulos 5 e 9).

Apresentem os resultados das etapas anteriores, dando especial atenção à inter-relação dos aspectos pesquisados. Façam **propostas criativas e positivas** sobre a Ciência no mundo do trabalho, as qualidades necessárias à atuação profissional e as profissões que chamam a atenção dos integrantes do grupo.

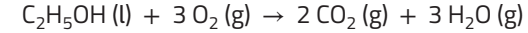
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) O crescimento da frota de veículos em circulação no mundo tem levado à busca e desenvolvimento de tecnologias que permitam minimizar emissões de poluentes atmosféricos. O uso de veículos elétricos é uma das propostas mais propagandeadas por serem de emissão zero. Podemos comparar a emissão de carbono na forma de CO_2 (massa molar igual a 44 g mol^{-1}) para os dois tipos de carros (a combustão e elétrico). Considere que os veículos tradicionais a combustão, movidos a etanol (massa molar igual a 46 g mol^{-1}), emitem uma média de 2,6 mol de CO_2 por quilômetro rodado, e os elétricos emitem o equivalente a 0,45 mol de CO_2 por quilômetro rodado (considerando as emissões na geração e transmissão da eletricidade). A reação de combustão do etanol pode ser representada pela equação química:



$$C_2H_5OH\ (l) + 3\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ CO_2\ (g) + 3\ H_2O\ (g)$$

Foram analisadas as emissões de CO_2 envolvidas em dois veículos, um movido a etanol e outro elétrico, em um mesmo trajeto de 1.000 km.

Fonte: CHIARADIA, C. A. **Estudo da viabilidade da implantação de frotas de veículos elétricos e híbridos elétricos no atual cenário econômico, político, energético e ambiental brasileiro**. Guaratinguetá: Unesp, 2015 (adaptado).

A quantidade equivalente de etanol economizada, em quilograma, com o uso do veículo elétrico nesse trajeto, é mais próxima de

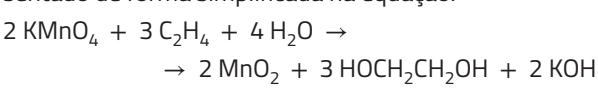
1. a

a. 50. **b.** 60. **c.** 95. **d.** 99. **e.** 120.

2. (Enem) Climatério é o nome de um estágio no processo de amadurecimento de determinados frutos, caracterizado pelo aumento do nível da respiração celular e do gás etileno (C_2H_4). Como consequência, há o escurecimento do fruto, o que representa a perda de muitas toneladas de alimentos a cada ano.

2. c

É possível prolongar a vida de um fruto climatérico pela eliminação do etileno produzido. Na indústria, utiliza-se o permanganato de potássio ($KMnO_4$) para oxidar o etileno a etilenoglicol ($HOCH_2CH_2OH$), sendo o processo representado de forma simplificada na equação:



$$2\ KMnO_4 + 3\ C_2H_4 + 4\ H_2O \rightarrow 2\ MnO_2 + 3\ HOCH_2CH_2OH + 2\ KOH$$

O processo de amadurecimento começa quando a concentração de etileno no ar está em cerca de 1,0 mg de C_2H_4 por kg de ar.

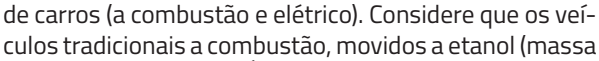
As massas molares dos elementos H, C, O, K e Mn são, respectivamente, iguais a 1 g/mol, 12 g/mol, 16 g/mol, 39 g/mol e 55 g/mol.

A fim de diminuir essas perdas, sem desperdício de reagentes, a massa mínima de $KMnO_4$ por kg de ar é mais próxima de

a. 0,7 mg. **b.** 1,0 mg. **c.** 3,8 mg. **d.** 5,6 mg. **e.** 8,5 mg.

3. (Enem) O cobre, muito utilizado em fios da rede elétrica e com considerável valor de mercado, pode ser encontrado na natureza na forma de calcocita, Cu_2S (s), de massa molar 159 g/mol. Por meio da reação

3. a



$$Cu_2S\ (s) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ Cu\ (s) + SO_2\ (g),$$

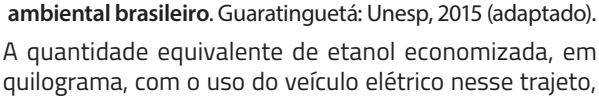
é possível obtê-lo na forma metálica.

A quantidade de matéria de cobre metálico produzida a partir de uma tonelada de calcocita com 7,95% (m/m) de pureza é

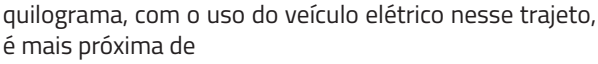
a. $1,0 \times 10^3$ mol. **b.** $5,0 \times 10^2$ mol. **c.** $1,0 \times 10^0$ mol. **d.** $5,0 \times 10^{-1}$ mol. **e.** $4,0 \times 10^{-3}$ mol.

4. (Enem) Para proteger estruturas de aço da corrosão, a indústria utiliza uma técnica chamada galvanização. Um metal bastante utilizado nesse processo é o zinco, que pode ser obtido a partir de um minério denominado esfalerita (ZnS), de pureza 75%. Considere que a conversão do minério em zinco metálico tem rendimento de 80% nesta sequência de equações químicas:

4. c



$$2\ ZnS + 3\ O_2 \rightarrow 2\ ZnO + 2\ SO_2$$



$$ZnO + CO \rightarrow Zn + CO_2$$

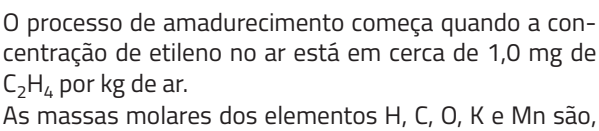
Considere as massas molares: ZnS (97 g/mol); O_2 (32 g/mol); ZnO (81 g/mol); SO_2 (64 g/mol); CO (28 g/mol); CO_2 (44 g/mol) e Zn (65 g/mol). Que valor mais próximo de massa de zinco metálico, em quilogramas, será produzido a partir de 100 kg de esfalerita?

a. 25 **b.** 33 **c.** 40 **d.** 50 **e.** 54

5. (Enem) Na busca por ouro, os garimpeiros se confundem facilmente entre o ouro verdadeiro e o chamado ouro de tolo, que tem em sua composição 90% de um minério chamado pirita (FeS_2). Apesar do engano, a pirita não é descartada, pois é utilizada na produção do ácido sulfúrico, que ocorre com rendimento global de 90%, conforme as equações químicas apresentadas.

5. c

Considere as massas molares: FeS_2 (120 g/mol), O_2 (32 g/mol), Fe_2O_3 (160 g/mol), SO_2 (64 g/mol), SO_3 (80 g/mol), H_2O (18 g/mol), H_2SO_4 (98 g/mol).



$$4\ FeS_2 + 11\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3 + 8\ SO_2$$

$$2\ SO_2 + O_2 \rightarrow 2\ SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

Qual é o valor mais próximo da massa de ácido sulfúrico, em quilograma, que será produzida a partir de 2,0 kg de ouro de tolo?

a. 0,33 **b.** 0,41 **c.** 2,6 **d.** 2,9 **e.** 3,3

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 12

Quantificação de espécies em solução

VIKTOR CVETKOVIC/GETTY IMAGES

Para se manter saudável, nosso organismo necessita de diversos nutrientes, alguns dos quais são íons aquosos. Frutas, verduras e legumes estão entre os alimentos que fornecem esses íons. Neste capítulo, você aprenderá a relacionar as concentrações em mol/L de cátions e ânions na solução de um eletrólito.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A maioria das substâncias presentes em nossa vida não está pura, mas misturada com outras substâncias. Quando a mistura de duas ou mais substâncias – chamadas de **componentes** da mistura – é homogênea (apresenta uma única fase), essa mistura é denominada **solução**. A mistura de gases presentes em uma amostra de ar é um exemplo de solução gasosa. A água mineral, devidamente filtrada para eliminar eventuais partículas de sólido que possam estar dispersas, é uma solução líquida. Já uma mistura de ouro e cobre, em proporção adequada, usada para fazer joias é uma solução sólida.

Entre as soluções de relevância em laboratórios e indústrias estão aquelas nas quais a água é o componente presente em maior quantidade, denominadas **soluções aquosas**. Dizemos que a água, nesse tipo de mistura, é o **solvente** e que as substâncias nela dissolvidas são os **solutos**.

Algumas das propriedades das soluções dependem da proporção entre as quantidades das substâncias que as constituem. Soluções aquosas de açúcar, por exemplo, podem conter maior ou menor quantidade de açúcar dissolvida em determinado volume de solução, o que corresponde a soluções com maior ou menor **concentração** de açúcar.

Conforme estudamos no Capítulo 10, a quantidade de matéria é expressa, no Sistema Internacional de Unidades (SI), por meio da unidade mol. Conhecer a quantidade em mols de uma substância é vantajoso, pois ela está diretamente relacionada à quantidade de partículas em nível atômico-molecular (átomos, moléculas, íons). Além disso, as quantidades em mols de reagentes e produtos de uma reação química obedecem à proporção expressa pelos coeficientes estequiométricos, conforme estudamos no Capítulo 11.

Assim, uma maneira conveniente de expressar a concentração de um soluto em uma solução aquosa é dizer qual é a quantidade em mols desse soluto presente em determinado volume de solução. Neste capítulo, você conhecerá essa forma de expressar a concentração e como ela favorece a realização de cálculos estequiométricos envolvendo substâncias em solução.

A opção didática de tratar concentração em quantidade de matéria depois do Capítulo 11 se justifica por sua íntima relação com o desenvolvimento de habilidades ligadas ao estudo da grandeza quantidade de matéria e sua aplicação em cálculos estequiométricos com espécies químicas em solução aquosa.

1. Concentração em quantidade de matéria

Conforme comentamos no texto de abertura deste capítulo, uma **solução aquosa** é uma mistura homogênea de água (nesse contexto, denominada **solvente**) e outra ou outras substâncias (nesse contexto, denominadas **solutos**).

A solução aquosa da Figura 1 foi preparada pelo seguinte procedimento: uma amostra de 18,75 g de nitrato de cobre(II), $Cu(NO_3)_2$, substância de massa molar 187,5 g/mol, que corresponde a 0,1 mol, foi dissolvida inicialmente em um pouco de água destilada dentro de um béquer. Essa solução foi integralmente transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL (1 L), que é o frasco que aparece na foto, ao qual se adicionou mais água destilada até uma marca indicativa existente no pescoço do balão. O balão foi tampado e agitado algumas vezes para homogeneizar bem a mistura.

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1. Solução aquosa preparada com 0,1 mol de $Cu(NO_3)_2$ dissolvido em quantidade suficiente do solvente água para obter 1,0 L de solução.

De acordo com o modo de preparo, não dissolvemos o soluto em 1 L de água, mas em **água suficiente para completar 1 L de solução**. Portanto, podemos afirmar que, nessa solução, **existe 0,1 mol de soluto em cada litro de solução**.

Como, em uma solução, o soluto encontra-se homogeneamente distribuído por todo o volume da solução, podemos afirmar que em 0,5 L da solução há 0,05 mol de soluto, em 0,25 L da solução há 0,025 mol de soluto, e assim por diante:

$$\frac{0{,}1\ \text{mol}}{1\ \text{L}} = \frac{0{,}05\ \text{mol}}{0{,}5\ \text{L}} = \frac{0{,}025\ \text{mol}}{0{,}25\ \text{L}} = \frac{0{,}02\ \text{mol}}{0{,}2\ \text{L}} = \frac{0{,}01\ \text{mol}}{0{,}1\ \text{L}}$$

Para expressar concisamente que **existe 0,1 mol de soluto em cada litro de solução**, dizemos que a solução tem **concentração 0,1 mol/L**.

Essa maneira de quantificar a concentração de uma solução, especificando a quantidade de matéria de soluto (em mol) dissolvida em certo volume de solução (em L), é denominada **concentração em quantidade de matéria** ou **concentração em mol/L**, ou, ainda, **concentração em mol/dm^3** (isso porque 1 L equivale a 1 dm^3). Neste livro, vamos representá-la por $\mathcal{M}$.

$$\mathcal{M} = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{solução}}}$$

A concentração em mol/L é de grande utilidade na Química e em muitas das áreas que utilizam seus conceitos, como Biologia, Bioquímica e Engenharia. Da expressão destacada decorre que $n_{\text{soluto}} = \mathcal{M} \cdot V_{\text{solução}}$ e, então, conhecendo a concentração e o volume de solução, determinamos a quantidade de soluto (em mol), o que é essencial para realizar cálculos estequiométricos (Capítulo 11), usados, por exemplo, em análises químicas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

O rótulo de um frasco de laboratório contém as informações que constam da Figura 2. Interprete essas informações para, em seu caderno, formular respostas aos seguintes questionamentos.

- Qual é o solvente?
- Qual é o soluto?
- Quantos mols de soluto há por litro de solução?
- Quantos gramas de soluto há por litro de solução?
- Quantos miligramas de soluto há em cada mililitro de solução?
- Como pode ter sido preparada essa solução?

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 2. Informações do rótulo para realização da atividade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

Um exemplo numérico envolvendo concentração em quantidade de matéria

Observe atentamente os rótulos dos frascos da Figura 3.

Se separarmos 100 mL de cada uma das soluções representadas, em qual dessas amostras haverá maior quantidade, em gramas, de soluto?

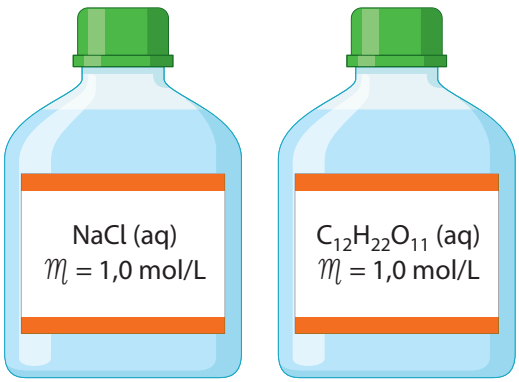
Os rótulos dos frascos da Figura 3 indicam que as duas soluções apresentam concentração de soluto igual a 0,1 mol/L.

Para responder à pergunta, primeiro determinamos a quantidade de matéria (n) presente nas alíquotas de 100 mL para, depois, descobrirmos a massa, em gramas, equivalente à quantidade, em mol, calculada.

Quantidade de matéria		Volume
1 mol	———	1.000 mL
n	———	100 mL

$$1.000\ \text{mL} \cdot n = 1\ \text{mol} \cdot 100\ \text{mL}$$

$$n = \frac{1\ \text{mol} \cdot 100\ \cancel{\text{mL}}}{1.000\ \cancel{\text{mL}}} = 0{,}1\ \text{mol}$$



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Frascos de soluções utilizadas no exemplo numérico.

Para calcular a massa das duas substâncias equivalente a essa quantidade de matéria, precisamos conhecer a massa molar de cada uma delas:

$$M(\text{NaCl}) = 58{,}5\ \text{g/mol} \quad M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342\ \text{g/mol}$$

Como 0,1 mol corresponde a 10% de 1 mol, as massas presentes em cada uma das alíquotas de 100 mL são:

$$m(\text{NaCl}) = 5{,}85\ \text{g} \qquad m(C_{12}H_{22}O_{11}) = 34{,}2\ \text{g}$$

Assim, concluímos que a maior massa de soluto, em gramas, está presente na alíquota da solução de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

MEIO AMBIENTE ODS 6

No início desta década, os habitantes do município do Rio de Janeiro enfrentaram um problema referente à água distribuída às residências, que chegava até elas turva e com gosto e odor desagradáveis.

A parte do problema referente ao gosto e ao odor decorreu da presença da substância incolor **geosmina** (produzida por microrganismos) na água captada, e que não foi removida adequadamente pelo tratamento municipal. A turvação resultou da presença de impurezas sólidas dispersas na água distribuída.

O gosto e o odor da geosmina são tão pronunciados que podemos percebê-los na água em uma concentração tão baixa quanto 16 ng/L (n = nano = 10^{-9}).

Nessa concentração, quantas moléculas de geosmina há em 19 mL de solução aquosa (volume ingerido em um pequeno gole)?

Pesquisem os dados necessários ao cálculo. Indiquem as fontes consultadas e expliquem o raciocínio usado.

Pesquisem também qual é o método que deve ser utilizado no tratamento municipal de água para remover adequadamente a geosmina do meio aquoso e em que se fundamenta esse método.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. "Quando a concentração de uma solução é expressa em mol/dm^3, ela nos informa a quantidade de ■, em mols, presente em cada ■ de ■."
1. b
A alternativa que contém as palavras que completam as lacunas de modo que a frase fique corretamente redigida é:
a. solvente / litro / solução.
b. soluto / litro / solução.
c. soluto / decímetro cúbico / solvente.
d. solvente / decímetro cúbico / soluto.

Informação para realizar as atividades 2 a 7: No rótulo de um frasco de laboratório, contendo um líquido incolor, lê-se o seguinte:

HNO_3 (aq) 0,1 mol/L

2. Acerca do conteúdo do frasco, o soluto e o solvente são, respectivamente:
2. d
a. ácido nítrico e ar.
b. ar e ácido nítrico.
c. água e ácido nítrico.
d. ácido nítrico e água.

3. Quantos mols de soluto há em um litro dessa solução?
3. e
a. 63 mol
b. 10 mol
c. 6,3 mol
d. 1 mol
e. 0,1 mol

4. Qual é a massa de soluto presente em 1 litro dessa solução?
4. c
a. 63 g
b. 10 g
c. 6,3 g
d. 1 g
e. 0,1 g

5. Quantos mols de soluto há em 500 mL dessa solução?
5. a
a. 0,05 mol
b. 0,5 mol
c. 3,15 mol
d. 5 mol
e. 31,5 mol

6. Qual é a massa de soluto presente em 500 mL dessa solução?
6. c
a. 0,05 g
b. 0,5 g
c. 3,15 g
d. 5 g
e. 31,5 g

7. Indique a concentração dessa solução em g/L.
7. b
a. 63 g/L
b. 6,3 g/L
c. 1 g/L
d. 0,1 g/L
e. 0,01 g/L

8. Explique como você procederia, em um laboratório adequadamente equipado, para preparar uma solução aquosa 0,10 mol/L de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). A massa molar da sacarose é 342 g/mol.

9. Determinado produto comercializado em supermercados é destinado à remoção de crostas de gordura de fornos e consiste em uma solução aquosa 2,0 mol/L de soda cáustica (hidróxido de sódio). O rótulo da embalagem informa que contém 800 mL do produto. Determine a massa de soda cáustica presente nesse produto.

10. (UFRN) A concentração é uma característica importante das soluções e um dado necessário para seu uso no laboratório, na indústria e no cotidiano. A seguir, estão desenhados recipientes com os respectivos volumes de solução e massas de hidróxido de sódio (NaOH).
10. a

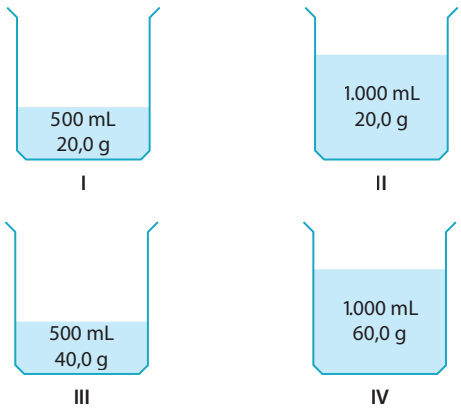


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

A solução cuja concentração é 1,0 mol/L está contida no recipiente:
a. I. **b.** II. **c.** III. **d.** IV.

11. Você gerencia o laboratório de análises no qual se determinou que certo refrigerante à base de noz-de-cola contém $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol/L de ácido fosfórico, H_3PO_4. O limite permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para essa utilização é 0,97 grama de H_3PO_4 por litro de bebida. Você aprovaria ou reprovaria o produto quanto ao quesito analisado? Deixe claro que argumento apresentaria no seu laudo.

12. Uma solução aquosa de sulfato de sódio (Na_2SO_4), na qual 20% da massa da solução é de soluto, apresenta densidade 1,190 g/cm^3. Esses dados e a consulta à tabela periódica são suficientes para determinar a concentração dessa solução, em mol/L? Justifique sua resposta. Se a resposta for **sim**, realize o cálculo. Se a resposta for **não**, explique quais dados adicionais são necessários e por quê.

13. Um técnico de laboratório de química precisa preparar uma solução 0,5 mol/L de Na_2SO_4, aproveitando 200 mL de solução 0,8 mol/L do mesmo sal. O que ele deve fazer com a solução 0,8 mol/L é:
13. c
a) adicionar 320 mL de água.
b) evaporar 120 mL de água.
c) adicionar 120 mL de água.
d) adicionar 1.400 mL de água.
e) adicionar 0,4 mol de sal.

14. Exclusivamente pela mistura de duas soluções aquosas de glicose, uma 1,0 mol/L, outra 2,0 mol/L, como proceder para obter uma solução 1,2 mol/L? Apresente o raciocínio que conduziu à resposta.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Concentração de cátions e ânions em solução

É frequente que o soluto de uma solução aquosa seja um eletrólito, substância que ao se dissolver em água origina cátions e ânions em meio aquoso. Um exemplo de solução aquosa contendo íons está na Figura 4.

Se soubermos a concentração, em mol/L, da solução aquosa de um eletrólito, podemos calcular as concentrações dos íons. Para exemplificar, consideremos novamente a solução da Figura 1. Quando o nitrato de cobre(II) se dissolveu em água, ocorreu dissociação iônica. Vamos considerar que o sal está 100% dissociado:

$$Cu(NO_3)_2(s) \rightarrow 1\,Cu^{2+}(aq) + 2\,NO_3^-(aq)$$

Essa equação informa que cada mol de $Cu(NO_3)_2$ origina 1 mol de $Cu^{2+}(aq)$ e 2 mol de $NO_3^-(aq)$. Então, por proporcionalidade:

Concentração de $Cu(NO_3)_2$ dissolvido		Concentração de Cu^{2+} em solução		Concentração de NO_3^- em solução		
1 mol/L	——	1 mol/L	——	2 mol/L	} ⇒	$x = 0{,}1$ mol/L $y = 0{,}2$ mol/L
0,1 mol/L	——	x	——	y		

Note que a proporção entre as concentrações de cátion e ânion, em mol/L, é 1 : 2, a mesma existente na composição do $Cu(NO_3)_2$.

ANDREY_POPOV/SHUTTERSTOCK

Figura 4. Enxaguantes bucais são soluções que podem conter, como um dos solutos, fluoreto de sódio (NaF), em concentração adequada. Os íons fluoreto (F^-) desse composto tornam o esmalte dos dentes mais resistente à corrosão ácida, diminuindo a incidência de cáries.

Em destaque

SAÚDE

Importância de íons para a saúde humana

Íons estão presentes em todos os seres vivos e são essenciais para o funcionamento adequado de seus organismos. Por exemplo, na parte aquosa do sangue humano, o plasma sanguíneo, estão presentes íons sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), cloreto (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) e hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}).

A circulação sanguínea, entre outras funções, distribui esses íons para as regiões em que são necessários e também retira alguns desses íons que estejam em excesso em determinados órgãos e os conduz aos rins, onde são removidos do plasma sanguíneo e excretados na urina (Fig. 5).

JACOB LUND/SHUTTERSTOCK

Figura 5. Embora alguns íons e algumas substâncias possam ser excretados no suor, a via mais importante para a regulação da concentração de espécies químicas no plasma sanguíneo é a excreção urinária.

Em um indivíduo saudável, cada um dos íons do plasma sanguíneo está presente em determinada faixa de concentração, geralmente expressa em **mmol/L** (lê-se "milimol por litro", cujo significado é milésimo de mol por litro). Por exemplo, a concentração de íons sódio situa-se entre 135 mmol/L e 145 mmol/L, a de íons potássio entre 3,5 mmol/L e 5,5 mmol/L, a de íons cloreto entre 95 mmol/L e 105 mmol/L, e a de íons bicarbonato entre 22 mmol/L e 28 mmol/L.

Vamos comentar alguns exemplos da importância dos íons para a saúde humana.

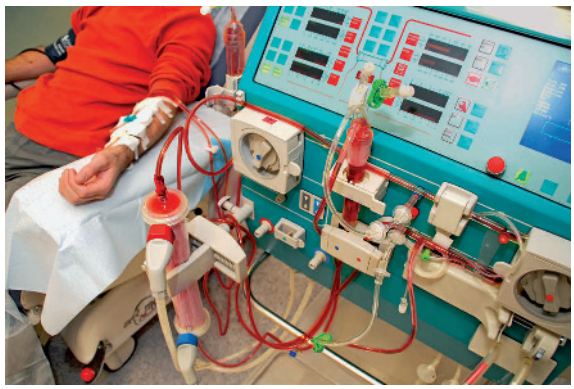
CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O funcionamento do sistema nervoso envolve a transmissão de estímulos de um neurônio para outro e também de neurônios para outras células com as quais estabelecem conexões, por exemplo, células musculares e células de glândulas. A propagação dos estímulos nervosos envolve um mecanismo associado a alterações na concentração de determinados íons entre os dois lados da membrana celular. Quando um estímulo nervoso se propaga por um neurônio, ocorrem aberturas e fechamentos de canais existentes na membrana plasmática, o que permite a passagem seletiva de íons através dela. Em um neurônio em repouso, a entrada de uma minúscula quantidade de íons Na^+ e a saída de ínfima quantidade de íons K^+ criam uma perturbação elétrica que dura milissegundos (milésimos de segundo) e que se propaga pela membrana, constituindo uma corrente elétrica: o impulso nervoso. A atuação saudável do sistema nervoso depende, portanto, de íons específicos e de suas concentrações.

O funcionamento dos músculos também depende de íons, entre eles de íons Ca^{2+}. Quando um estímulo nervoso chega por um neurônio e é transmitido deste para uma célula muscular, íons Ca^{2+} armazenados em uma organela citoplasmática da célula muscular são liberados no citoplasma. A concentração de Ca^{2+} em uma célula muscular em repouso é da ordem de dezenas de **nmol/L** (lê-se "nanomol por litro", isto é, bilionésimo de mol por litro) e, no momento da contração, aumenta para a ordem de grandeza de **µmol/L** (lê-se "micromol por litro", ou seja, milionésimo de mol por litro). Essa elevação da concentração de Ca^{2+} desencadeia eventos envolvendo proteínas específicas da célula (chamadas actina e miosina) que resultam na contração da célula. Tais eventos, ocorrendo simultaneamente em várias células de um músculo, são responsáveis pela contração desse músculo.

Os rins são órgãos responsáveis por retirar do sangue resíduos que devem ser excretados. Entre esses resíduos estão alguns íons como Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^- e Mg^{2+} eventualmente presentes em excesso no organismo e que são excretados na urina juntamente com outras espécies químicas. Os rins, durante esse processo e sob a atuação de alguns hormônios, controlam as concentrações dos íons no plasma sanguíneo para que se mantenham em valores adequados. Indivíduos cujos rins perdem a capacidade de eliminar do sangue íons e substâncias que devem ser excretadas precisam de cuidados médicos que envolvem o procedimento conhecido como hemodiálise (Fig. 6).



AJ PHOTO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 6. Pessoa durante sessão de hemodiálise, na qual uma máquina remove do sangue espécies químicas que precisam ser excretadas.

O íon Na^+ é o cátion mais abundante no plasma sanguíneo e no fluido intersticial, a solução aquosa que existe nos espaços entre as células. A concentração de íons Na^+ é de grande importância na manutenção da quantidade adequada de água no organismo humano. Os rins podem excretar o excesso de sódio do organismo e também podem conservá-lo, impedindo sua excreção, caso esse nutriente falte na alimentação.

Se a quantidade de Na^+ no organismo aumentar, por mau funcionamento dos rins e/ou por ingestão excessiva, os rins retêm água, causando aumento do volume de sangue e da pressão arterial, bem como a formação de edema, que é o inchaço de tecidos devido à retenção de fluido intersticial. Se, ao contrário, houver excreção excessiva de Na^+, isso intensificará a perda de água na urina, resultando em diminuição do volume total de sangue e redução da pressão arterial. Assim, a concentração plasmática de íons sódio está relacionada à maior ou menor excreção urinária de água.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Alguns maus hábitos alimentares, como excesso de alimentos processados, de refrigerantes e de *fast-food*, têm feito com que muitos brasileiros consumam diariamente mais cloreto de sódio (NaCl) do que necessitam. Explique, com base no texto, por que não devemos exagerar na ingestão de sódio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

15. Determinado xarope expectorante, administrado sob indicação médica, consiste em uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI), sal bastante solúvel em água. Determine qual é a concentração, em mol/L, de íons K^+ e I^- em um xarope que é uma solução 0,1 mol/L em iodeto de potássio.

16. Em uma metrópole com altos índices de poluição, observou-se que havia, na água coletada nos primeiros minutos de chuva, 0,003 mol/L de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Determine qual é a concentração, em mol/L, de íons sulfato (SO_4^{2-}) nessa amostra. Suponha dissociação total do ácido sulfúrico e explicite seu raciocínio.

17. Uma pesquisadora utilizará, em um procedimento, a solução de um frasco em cujo rótulo se lê:

$Fe_2(SO_4)_3(aq)$ 0,1 mol/dm^3

Dessa solução, ela precisará retirar um volume que contenha 0,04 mol de íons ferro(III), Fe^{3+}.

a. Inicialmente, explique como ela pode determinar a concentração, em mol/dm^3, dos íons presentes nessa solução e realize o cálculo.

b. Mostre como ela pode determinar o volume desejado a partir do valor de concentração de íons ferro(III) calculado anteriormente.

18. A análise de íons dissolvidos em determinada água mineral revelou as seguintes concentrações (*C*) em miligramas do íon por litro de solução:

Concentração de íons em uma amostra de água mineral

Íon	*C* (mg/L)	Íon	*C* (mg/L)
1º Bicarbonato	41,21	6º Magnésio	1,58
2º Sódio	6,34	7º Sulfato	0,96
3º Cálcio	5,82	8º Cloreto	0,68
4º Nitrato	2,67	9º Fluoreto	0,10
5º Potássio	2,64	10º Fosfato	0,05

Fonte: Serviço Geológico do Brasil, Laboratório de Análises Minerais (Lamin), Boletim 5 jul. 2017. p. 1.

Imagine-se encarregado de reordenar esses íons segundo a concentração em quantidade de matéria (mol/L). Investigue os dados necessários, realize a conversão e exponha, em uma tabela, os dados que utilizou no cálculo e os resultados obtidos.

19. (Uerj) O sulfato de alumínio [$Al_2(SO_4)_3$] é utilizado como clarificante no tratamento de água, pela ação dos íons alumínio que agregam o material em suspensão. No tratamento de 450 L de água, adicionaram-se 3,078 kg de sulfato de alumínio, sem que houvesse variação de volume.
Admitindo-se a completa dissociação do sal, a concentração de íons alumínio, em mol L^{-1}, é igual a:
19. c

a. 0,02 **c.** 0,04
b. 0,03 **d.** 0,05

20. (Enem) Determinada estação trata cerca de 30.000 litros de água por segundo. Para evitar riscos de fluorose, a concentração máxima de fluoreto nessa água não deve exceder cerca de 1,5 miligrama por litro de água. A quantidade máxima dessa espécie química que pode ser utilizada com segurança, no volume de água tratada em uma hora, nessa estação, é:
20. e

a. 1,5 kg.
b. 4,5 kg.
c. 96 kg.
d. 124 kg.
e. 162 kg.

21. (Enem) A hidroponia pode ser definida como uma técnica de produção de vegetais sem necessariamente a presença de solo. Uma das formas de implementação é manter as plantas com suas raízes suspensas em meio líquido, de onde retiram os nutrientes essenciais. Suponha que um produtor de rúcula hidropônica precise ajustar a concentração do íon nitrato (NO_3^-) para 0,009 mol/L em um tanque de 5.000 litros e, para tanto, tem em mãos uma solução comercial nutritiva de nitrato de cálcio 90 g/L. As massas molares dos elementos N, O e Ca são iguais a 14 g/mol, 16 g/mol e 40 g/mol, respectivamente. Qual o valor mais próximo do volume da solução nutritiva, em litros, que o produtor deve adicionar ao tanque?
21. b

a. 26
b. 41
c. 45
d. 51
e. 82

22. (Unesp-SP) Um químico, ao desenvolver um perfume, decidiu incluir entre os componentes um aroma de frutas com concentração máxima de 10^{-4} mol/L. Ele dispõe de um frasco da substância aromatizante, em solução hidroalcoólica, com concentração de 0,01 mol/L.
Para a preparação de uma amostra de 0,50 L do novo perfume, contendo o aroma de frutas na concentração desejada, o volume da solução hidroalcoólica que o químico deverá utilizar será igual a:
22. a

a. 5,0 mL
b. 2,0 mL
c. 0,50 mL
d. 1,0 mL
e. 0,20 mL

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Desinformação e notícias falsas

Como comentamos no texto *Em destaque* anterior, diversos íons são importantes para o funcionamento adequado do metabolismo humano e a manutenção da saúde. É relativamente comum diferentes mídias propagarem informações enganosas sobre saúde, e o assunto importância dos íons não escapa disso.

Considere, por exemplo, uma afirmação do tipo: "se você sente dores na parte de trás do pescoço, é falta de potássio; coma bananas, que contêm íons potássio, e você não terá mais essas dores". Trata-se de uma **simplificação exagerada** do problema, que pode ser muito mais complexo do que se afirma e que requer uma consulta médica. A afirmação apresenta um conselho simplório, que, se for seguido por alguém, além de provavelmente não funcionar, poderá causar problemas maiores, pois a persistência no "tratamento" sugerido, na esperança de que funcione, atrasará a procura por ajuda médica.

Esse tipo de publicação se insere no que denominamos **desinformação**, algo que, além de não informar corretamente, deseduca e induz ao erro.

Quando a desinformação é propagada sob a forma de uma (pretensa) notícia, é chamada de ***fake news***, expressão inglesa que designa **notícia falsa**. Existem diferentes tipos de *fake news*. Vamos comentar alguns de seus tipos:

- manipulação – modificação de notícias, fotografias ou vídeos para enganar;
- atribuição enganosa de autoria – dizer que a autoria de frase ou texto é de uma personalidade que tem credibilidade, mas não foi dela a autoria;
- remoção do contexto – texto, imagem, áudio ou vídeo são mostrados para se referir a situações diferentes do contexto original do qual vieram;
- conexão enganosa – manchetes de veículos de imprensa confiáveis são empregadas para justificar argumentos que não têm relação com a notícia original;
- supersimplificação – quando alguém tenta explicar algo sem conhecer adequadamente o tema e simplifica demais aquilo que entendeu quando procurou o assunto em outra fonte;
- conteúdo enganoso – informações inventadas ou modificadas para manchar a reputação de alguma figura pública;
- fabricação de conteúdo – se a informação toda foi inventada para enganar.

Divididos em grupos, realizem as atividades a seguir.

1. Selecionem notícias que receberam recentemente e que pareçam *fake news*. Elaborem a lista dos indícios que chamaram a atenção. Procurem páginas de verificação de notícias falsas (Fig. 7) e submetam essas notícias à verificação para confirmar a análise feita pelo grupo.

GANNVECTOR/SHUTTERSTOCK

Figura 7. Uma mentira falada mil vezes não se torna verdade. Uma história fictícia, por mais bem contada que seja, continua sendo invenção. É sempre prudente e necessário verificar a veracidade dos fatos.

2. Algumas editoras que publicam dicionários costumam realizar a escolha anual de uma palavra que, por novidade e/ou uso acentuado naquele ano, merece destaque. Em 2016, a palavra escolhida pela editora inglesa que publica o Dicionário Oxford foi "pós-verdade". Segundo essa editora:

> **Pós-verdade** é um adjetivo definido como "relacionando-se a ou denotando circunstâncias nas quais os fatos objetivos são menos influentes na formação da opinião pública do que os apelos à emoção e à crença pessoal".

Fonte: OXFORD LANGUAGES. **Word of the Year 2016**. Disponível em: https://languages.oup.com/word-of-the-year/2016/. Acesso em: 18 out. 2024.

Por que as pessoas às vezes atribuem mais importância à própria opinião e às próprias emoções do que aos fatos? Citem exemplos que já observaram.

3. Existem páginas da internet e perfis das redes sociais em que humoristas utilizam a **ironia** para satirizar acontecimentos envolvendo figuras públicas ou para criar humor a partir de eventos da atualidade. Esse tipo de sátira pode, eventualmente, não ser compreendido por algumas pessoas, que pensam que a mensagem é séria e a encaminham para seus contatos ou postam nas redes sociais. Procurem o significado da palavra "ironia" e exemplos de seu uso. A seguir, pesquisem exemplos de ironia associada a acontecimentos da atualidade que poderiam, eventualmente, ser considerados como notícias verdadeiras por pessoas desinformadas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

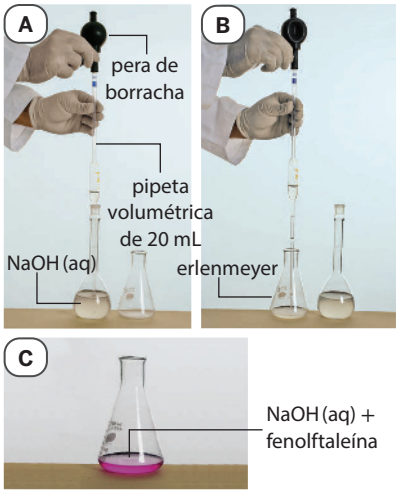
3. Cálculos estequiométricos com solutos

Quando é necessário realizar cálculos estequiométricos referentes a reações em que um ou mais reagentes estão em solução (são solutos), é útil conhecer sua concentração, expressa em mol/L. Conforme comentamos no item 1, podemos determinar quantos mols do soluto há em solução por meio da expressão $n_{soluto} = \mathcal{M} \cdot V_{solução}$.

Titulação ácido-base

Um exemplo de cálculo estequiométrico com reagentes em solução é feito quando se realiza uma **titulação ácido-base**, técnica usada em laboratórios de análises químicas para determinar experimentalmente a concentração de uma solução de ácido ou de base. Para exemplificá-la, suponha que uma empresa recebeu um grande lote de solução aquosa da base hidróxido de sódio (NaOH) e precisa verificar se sua concentração corresponde à encomendada.

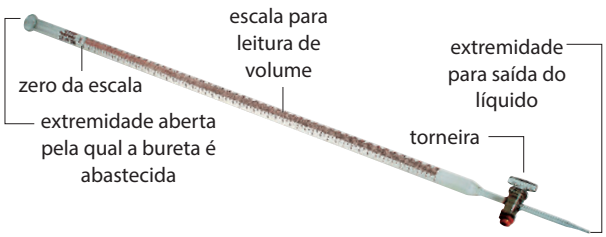
Uma alíquota (amostra) de volume conhecido (por exemplo, 20 mL) é retirada com o auxílio de uma pipeta volumétrica. Nesse procedimento, a sucção do líquido para a pipeta **NUNCA deve ser feita com a boca**. Para realizá-la, utiliza-se um dispositivo denominado pera de borracha, ou pera de sucção, conectado à parte superior da pipeta (Fig. 8.A). A alíquota é colocada em um erlenmeyer (Fig. 8.B) e são acrescentadas algumas gotas de solução alcoólica (isto é, no solvente etanol) de fenolftaleína, indicador ácido-base que adquire cor róseo-avermelhada em meio básico (Fig. 8.C). Sabemos o volume da alíquota, mas não a concentração da base.



FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 8. Uma alíquota da solução é retirada (A) com uma pipeta volumétrica de 20 mL e transferida para um erlenmeyer (B), ao qual se adicionam algumas gotas de solução alcoólica do indicador fenolftaleína (C).

Na titulação, emprega-se uma **bureta** (Fig. 9), que consiste em um cilindro estreito de vidro com uma extremidade mais estreita em que há uma torneira (de vidro ou plástico) que serve para controlar a quantidade de solução líquida que passa por ela. No corpo da bureta há uma escala graduada, em mililitros (mL), cujo zero está próximo da extremidade oposta à torneira. Há buretas de diversos volumes, por exemplo, de 25 mL, 50 mL e 100 mL. Na titulação, a bureta é usada na posição **vertical** para transferir certo volume de solução ao erlenmeyer, possibilitando medir o volume transferido.



CARLOS LUVIZARI/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 9. A bureta é uma vidraria empregada na titulação.

A bureta é fixada, na vertical, em um suporte metálico apropriado. Ela é preenchida com solução aquosa de HCl (ácido clorídrico) até a marca de volume zero. Como a superfície do líquido não é plana (devido às fortes interações intermoleculares entre água e vidro), a técnica correta é ler o volume na linha horizontal tangenciada por essa superfície (menisco), estando o olho do observador nessa mesma linha (Fig. 10).

A solução aquosa de HCl colocada na bureta, chamada **solução titulante**, foi preparada em laboratório e sua concentração ($\mathcal{M}_{ácido}$) é conhecida; digamos que seja 0,10 mol/L. Ela é lentamente adicionada à solução de base, denominada **solução titulada** (Fig. 11), usando uma das mãos para controlar a adição por meio da torneira da bureta, enquanto com a outra se agita o erlenmeyer após cada adição. Isso é feito até que a reação se complete, quando se pode ler na escala da bureta o volume adicionado. De posse dessa leitura, será possível calcular, por estequiometria, a concentração da solução de base ($\mathcal{M}_{base}$).

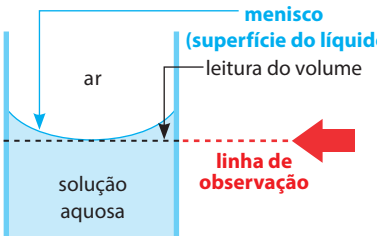
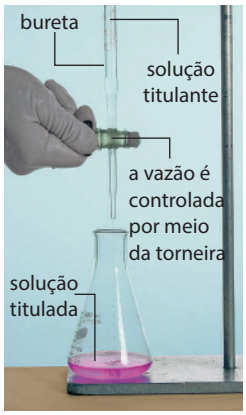


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada a partir de SKOOG, D. A. *et al*. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. 10. ed. Boston: Cengage, 2022. p. 985.

Figura 10. Técnica correta para leitura de volume em uma bureta, que deve estar na vertical. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



DOTTA2 /ARQUIVO DA EDITORA

Figura 11. Início da titulação. A solução titulante (que está na bureta) é vagarosamente adicionada à solução titulada (que está no erlenmeyer).

Na reação, chamada **neutralização ácido-base**, HCl (aq) e NaOH (aq) transformam-se em água e NaCl (aq). Mas como saber quando parar de adicionar a solução de ácido?

Quando toda a base inicialmente presente no erlenmeyer é neutralizada pelo ácido adicionado e todo o ácido adicionado é neutralizado pela base presente no erlenmeyer, tem-se o **ponto de equivalência** da titulação. Nessa situação, não há base nem ácido no erlenmeyer, apenas sal e água.

Na titulação em questão, de NaOH com HCl, quando o ponto de equivalência é atingido, o meio aquoso dentro do erlenmeyer fica neutro: ele consiste em uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl). Nessa situação, a fenolftaleína fica incolor (Fig. 12). Assim, quando se adiciona aquela gota de solução titulante que provoca a **viragem do indicador** fenolftaleína (mudança de róseo-avermelhado para incolor), a titulação chega ao final e deve ser interrompida a adição de solução titulante.

Consideremos que o volume de ácido consumido tenha sido de 30 mL (Fig. 13).

As quantidades (em mol) de ácido e de base consumidas são dadas por:

Quantidade de ácido que reagiu: $n_{\text{ácido}} = \mathcal{M}_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}}$

Quantidade de base que reagiu: $n_{\text{base}} = \mathcal{M}_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$

Considerando a proporção estequiométrica da neutralização ácido-base, temos:

$$\underset{\text{Proporção:}}{\underset{1\text{ mol}}{\text{HCl (aq)}}} + \underset{1\text{ mol}}{\text{NaOH (aq)}} \rightarrow \text{NaCl (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$$

Grandezas:	Quantidade de matéria		Quantidade de matéria
	1 mol	——	1 mol
	$\mathcal{M}_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}}$	——	$\mathcal{M}_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$

$$\Rightarrow \mathcal{M}_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} = \mathcal{M}_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

Substituindo os valores numéricos nessa expressão, chegamos a:

$$0{,}10\text{ mol/L} \cdot 0{,}030\text{ L} = \mathcal{M}_{\text{base}} \cdot 0{,}020\text{ L} \Rightarrow \boxed{\mathcal{M}_{\text{base}} = 0{,}15\text{ mol/L}}$$

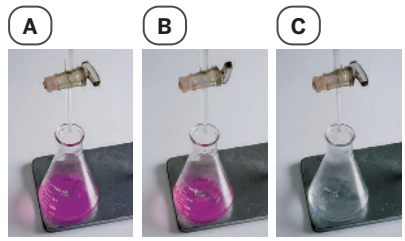
A relação demonstrada não é uma expressão de validade geral. Note que ela está condicionada à proporção dos coeficientes estequiométricos da equação (1 mol : 1 mol). Se a proporção for 1 mol : 2 mol, por exemplo, chegamos a uma expressão diferente, como mostra o exemplo a seguir:

$$\underset{\text{Proporção:}}{\underset{1\text{ mol}}{\text{H}_2\text{SO}_4\text{ (aq)}}} + \underset{2\text{ mol}}{2\text{ NaOH (aq)}} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4\text{ (aq)} + 2\text{H}_2\text{O (l)}$$

Grandezas:	Quantidade de matéria		Quantidade de matéria
	1 mol	——	2 mol
	$\mathcal{M}_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}}$	——	$\mathcal{M}_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$

$$2 \cdot \mathcal{M}_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} = \mathcal{M}_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

Essas **não** são expressões que se recomende memorizar, pois variam de caso a caso. É conveniente saber deduzi-las a partir da proporção estequiométrica.



FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 12. No início da titulação, a solução no erlenmeyer é básica e o indicador fenolftaleína está róseo-avermelhado (A). À medida que a titulação se aproxima do ponto final, a coloração desaparece onde o ácido é adicionado, mas reaparece após a agitação do erlenmeyer (B). A titulação chega ao final quando uma gota adicionada faz com que a solução permaneça incolor (viragem do indicador) mesmo após a agitação (C).

CARLOS LUVIZARI/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 13. O volume da solução ácida que foi entregue pela bureta pode ser lido, ao final da titulação, na escala da bureta. No exemplo da foto, o volume foi 30 mL. Essa leitura é feita respeitando o que está indicado na Figura 10.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Outros casos de titulação

É possível também titular uma solução aquosa de ácido (para determinar sua concentração) com uma solução aquosa de base (de concentração conhecida).

Há, ainda, variantes da técnica que utilizam outras reações, além da neutralização ácido-base. Algumas titulações empregam reações de precipitação (que formam produto insolúvel), reações de oxidorredução (em que há transferência de elétrons entre as espécies químicas reagentes) e reações de complexação (nas quais um íon metálico em solução reage com alguma espécie química que se liga a ele para constituir um produto, chamado complexo metálico, que permanece em solução). Em todos esses casos, os químicos desenvolveram métodos que indicam com boa precisão quando se chega ao ponto de equivalência.

As titulações são importantes em análises químicas, pois possibilitam determinar a concentração de espécies em solução.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.
A seu critério, proponha a realização em grupo da atividade 28, sobre pensamento computacional.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

23. Você é encarregado de um laboratório de análises químicas e precisa confirmar se um lote de solução aquosa de HCl apresenta concentração de 1,0 mol/L, como alega o fabricante. Para isso, titulou uma alíquota de 20,0 mL dessa solução com KOH (aq) 0,20 mol/L, e o volume de solução básica necessário para atingir a viragem do indicador foi 30,0 mL. Que conclusão você dará no seu laudo e em que argumentos ela se fundamenta?

24. No mesmo laboratório, você precisa atestar a veracidade da informação no rótulo de uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4) que afirma ter concentração 3,92 g/L. Para isso, titulou uma amostra de 25,0 mL dessa solução empregando solução aquosa 0,100 mol/L de NaOH. Você determinou que o volume de solução titulante necessário para provocar a viragem do indicador foi 20,0 mL. Determine a concentração em quantidade de matéria (mol/L) da solução ácida e, a seguir, converta-a para g/L, concluindo se a informação é verdadeira ou não.

25. Outra atribuição sua, no laboratório de análises, é confirmar se determinada amostra de vinagre (solução aquosa que contém ácido acético, CH_3COOH) apresenta ao menos 4%, em massa, de ácido acético. Ao titular uma alíquota de 20,0 mL dessa amostra, cuja densidade é 1,0 g/mL (a 25 °C, temperatura da análise), com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,40 mol/L, foram necessários 25,0 mL da solução titulante para atingir a viragem do indicador. A equação da reação entre ácido acético e hidróxido de sódio é a seguinte:

$$CH_3COOH\,(aq) + NaOH\,(aq) \rightarrow Na(CH_3COO)\,(aq) + H_2O\,(l)$$

Que laudo você emitiria após a análise? Explique.

26. Em um acidente rodoviário, um caminhão-tanque derramou na estrada um volume de 5 m^3 de solução aquosa de ácido fosfórico concentrado (16 mol/L). Os técnicos levaram ao local 10 t de cal hidratada sólida, $Ca(OH)_2$, para espalhar sobre o líquido e neutralizar o ácido, segundo a equação:

$$2\,H_3PO_4\,(aq) + 3\,Ca(OH)_2\,(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\,(s) + 6\,H_2O\,(l)$$

A quantidade de base será suficiente para neutralizar todo o ácido derramado na estrada? Explique.

27. Em laboratórios, neutralizam-se soluções ácidas derramadas sobre a bancada adicionando-se hidrogenocarbonato de sódio (ou bicarbonato de sódio), $NaHCO_3$, sólido **em excesso** sobre o líquido derramado. Ocorre uma reação de efervescência que, no caso do HCl (aq), por exemplo, é assim equacionada:

$$NaHCO_3\,(s) + HCl\,(aq) \rightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(l) + CO_2\,(g)$$

Foram derramados 500 mL de HCl (aq) 1,0 mol/L, mas só havia no laboratório um frasco com 500 g de bicarbonato de sódio. Essa massa será suficiente para neutralizar o ácido derramado? Explique.

28. Os engenheiros de uma indústria de equipamentos químicos estão desenvolvendo um *software* para controlar um *hardware* que titula automaticamente um ácido forte H_xA com uma base forte $B(OH)_y$, ou vice-versa, usando o indicador fenolftaleína. A reação química é assim equacionada:

$$yH_xA\,(aq) + xB(OH)_y \rightarrow A_yB_x(aq) + (x \cdot y)\,H_2O\,(l)$$

O usuário deve inserir dados: os valores de x e y, o volume (z) da amostra titulada (em mL), se é titulação de ácido ou de base (isto é, qual solução está no erlenmeyer) e a concentração (em mol/L) da solução titulante (que está na bureta). O algoritmo do *software* é:

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

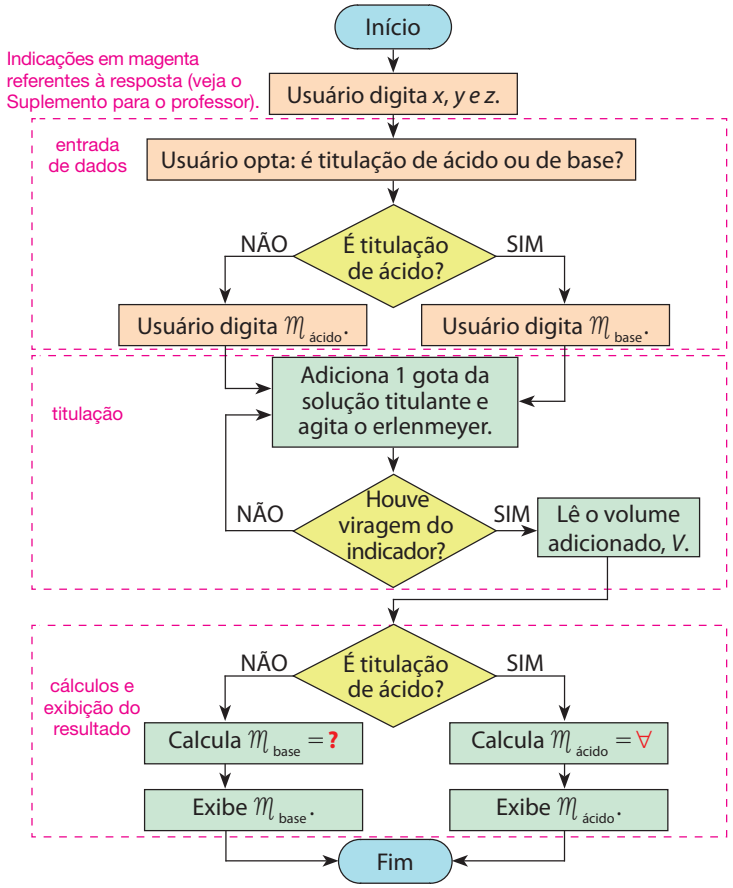


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

a. Uma estratégia do pensamento computacional é **dividir o problema em partes menores**, mais simples de resolver. Em seguida, reunindo as partes, resolve-se o problema todo. A estratégia foi usada no algoritmo, em que podemos reconhecer três partes: (1) entrada de dados, (2) titulação e (3) cálculo e exibição do resultado. Reproduza o fluxograma no caderno e indique essas partes.

b. Identifique o *loop* do algoritmo e explique em que circunstâncias esse *loop* termina.

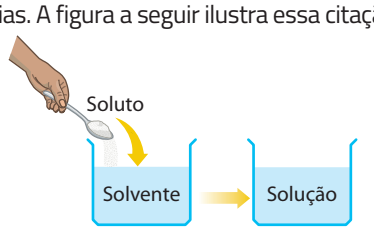
c. Deduza as expressões matemáticas representadas por "**?**". Se ajudar, trabalhe primeiro com casos não literais como: HCl + NaOH e H_2SO_4 + NaOH. A seguir, **generalize** com base nesses casos.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

1. (Enem) Ao colocar um pouco de açúcar na água e mexer até a obtenção de uma só fase, prepara-se uma solução. O mesmo acontece ao se adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem. Uma substância capaz de dissolver o soluto é denominada solvente; por exemplo, a água é um solvente para o açúcar, para o sal e para várias outras substâncias. A figura a seguir ilustra essa citação.

1. b



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Suponha que uma pessoa, para adoçar seu cafezinho, tenha utilizado 3,42 g de sacarose (massa molar igual a 342 g/mol) para uma xícara de 50 mL do líquido. Qual é a concentração final, em mol/L, de sacarose nesse cafezinho?

a. 0,02 **b.** 0,2 **c.** 2 **d.** 200 **e.** 2.000

2. (PUC-MG) O permanganato de potássio ($KMnO_4$) pode ser utilizado [apenas sob indicação médica] como germicida no tratamento de queimaduras e feridas de um modo geral. A massa de permanganato de potássio necessária para prepararmos 500 mL de solução 0,01 mol/L, utilizada para esse fim, em gramas, é:

2. a

a. 0,79. **b.** 1,58. **c.** 7,90. **d.** 15,8.

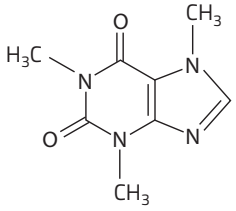
CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUAÇÃO

3. (Enem) A cafeína é um alcaloide, identificado como 1,3,7-trimetilxantina (massa molar igual a 194 g/mol), cuja estrutura química contém uma unidade de purina, conforme representado. Esse alcaloide é encontrado em grande quantidade nas sementes de café e nas folhas de chá-verde. Uma xícara de café contém, em média, 80 mg de cafeína.

3. b



Fonte: MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. **Química Nova**, [*S. l.*], n. 1, 2007 (adaptado).

Considerando que a xícara descrita contém um volume de 200 mL de café, a concentração, em mol/L, de cafeína nessa xícara é mais próxima de:

a. 0,0004. **c.** 0,4. **e.** 4.
b. 0,002. **d.** 2.

4. (PUC-RS) Para responder a esta questão, analise as concentrações dos íons a seguir, que estão expressas em mg/L no rótulo de uma garrafa de água mineral.

4. b

1. Nitrato (NO_3^-) = 6,0
2. Sódio (Na^+) = 18,0
3. Cálcio (Ca^{2+}) = 20,0

A ordem crescente das concentrações dos íons presentes na água mineral, em mol/L, é

a. 1, 2, 3. **c.** 2, 1, 3. **e.** 3, 1, 2.
b. 1, 3, 2. **d.** 2, 3, 1.

5. (Unicamp-SP) Entre os vários íons presentes em 200 mililitros de água de coco, há aproximadamente 320 mg de potássio, 40 mg de cálcio e 40 mg de sódio. Assim, ao beber água de coco, uma pessoa ingere quantidades diferentes desses íons, que, em termos de massa, obedecem à sequência: potássio > sódio = cálcio. No entanto, se as quantidades ingeridas fossem expressas em mol, a sequência seria:
Dados de massas molares em g/mol:
cálcio = 40, potássio = 39 e sódio = 23.

5. c

a. potássio > cálcio = sódio.
b. cálcio = sódio > potássio.
c. potássio > sódio > cálcio.
d. cálcio > potássio > sódio.

6. (Enem) A ingestão de vitamina C (ou ácido ascórbico; massa molar igual a 176 g/mol) é recomendada para evitar o escorbuto, além de contribuir para a saúde de dentes e gengivas e auxiliar na absorção de ferro pelo organismo. Uma das formas de ingerir ácido ascórbico é por meio dos comprimidos efervescentes, os quais contêm cerca de 0,006 mol de ácido ascórbico por comprimido. Outra possibilidade é o suco de laranja, que contém cerca de 0,07 g de ácido ascórbico para cada 200 mL de suco. O número de litros de suco de laranja que corresponde à quantidade de ácido ascórbico presente em um comprimido efervescente é mais próximo de

6. e

a. 0,0002. **c.** 0,3. **e.** 3.
b. 0,03. **d.** 1.

7. (Enem) Em um caso de anemia, a quantidade de sulfato de ferro(II) ($FeSO_4$, massa molar igual a 152 g/mol) recomendada como suplemento de ferro foi de 300 mg/dia. Acima desse valor, a mucosa intestinal atua como barreira, impedindo a absorção de ferro. Foram analisados cinco frascos de suplemento, contendo solução aquosa de $FeSO_4$, cujos resultados encontram-se no quadro.

7. b

Frasco	Concentração de sulfato de ferro(II) (mol/L)
1	0,02
2	0,20
3	0,30
4	1,97
5	5,01

Se for ingerida uma colher (10 mL) por dia do medicamento para anemia, a amostra que conterá a concentração de sulfato de ferro(II) mais próxima da recomendada é a do frasco de número

a. 1. **b.** 2. **c.** 3. **d.** 4. **e.** 5.

8. (UFRGS-RS) O volume, em mililitros, de uma solução 0,5 mol/L de $AgNO_3$ necessário para preparar 200 mililitros de uma solução 0,1 mol/L desse sal é igual a:

8. d

a. 10 **c.** 25 **e.** 50
b. 20 **d.** 40

9. Se forem misturadas duas soluções contidas nos frascos A e B, conforme dados a seguir, é possível prever se a solução final será ácida ou básica. Efetue os cálculos e faça a previsão.
Frasco A: 300 mL de HCl 0,10 mol/L.
Frasco B: 100 mL de NaOH 0,20 mol/L.

10. (Enem) O peróxido de hidrogênio é comumente utilizado como antisséptico e alvejante. Também pode ser empregado em trabalhos de restauração de quadros enegrecidos e no clareamento de dentes. Na presença de soluções ácidas de oxidantes, como o permanganato de potássio, este óxido decompõe-se, conforme a equação a seguir:

10. d

$$5\,H_2O_2(aq) + 2\,KMnO_4(aq) + 3\,H_2SO_4(aq) \rightarrow$$
$$\rightarrow 5\,O_2(g) + 2\,MnSO_4(aq) + K_2SO_4(aq) + 8\,H_2O(l)$$

Fonte: ROCHA-FILHO, R. C. R.; SILVA, R. R. **Introdução aos cálculos da Química**. São Paulo: McGraw-Hill, 1992.

De acordo com a estequiometria da reação descrita, a quantidade de permanganato de potássio necessária para reagir completamente com 20,0 mL de uma solução 0,1 mol/L de peróxido de hidrogênio é igual a

a. $2{,}0 \times 10^{0}$ mol. **d.** $8{,}0 \times 10^{-4}$ mol.
b. $2{,}0 \times 10^{-3}$ mol. **e.** $5{,}0 \times 10^{-3}$ mol.
c. $8{,}0 \times 10^{-1}$ mol.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 13

Termoquímica, petróleo e combustíveis

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 10 do volume de Física desta coleção.

MULTICULTURALISMO SAÚDE

FABIO COLOMBINI/ARQUIVO DA EDITORA

Criança da etnia Kalapalo comendo beiju (Aldeia Aiha, Parque Indígena do Xingu, MT, 2018).

Os alimentos que consumimos contêm moléculas nas quais está armazenada energia química. Durante sua metabolização no organismo, essas moléculas participam de reações químicas que levam à liberação de energia. Essa energia, por sua vez, é armazenada ou utilizada pelo corpo humano, e sua quantidade é expressa por unidades de medida como joule (J) e caloria (cal). Como a energia presente nas porções de alimentos normalmente consumidas é elevada se comparada à caloria e ao joule, é frequente a utilização da quilocaloria (1 kcal = 1.000 cal) e do quilojoule (1 kJ = 1.000 J).

Os carboidratos e os lipídios são considerados nutrientes energéticos, pois são os principais responsáveis por fornecer energia para o corpo humano. Quando a disponibilidade de nutrientes energéticos na alimentação é baixa, os lipídios armazenados no tecido adiposo são mobilizados de forma a participar de reações químicas com geração de energia.

O beiju (foto de abertura), alimento de origem indígena, é uma massa preparada (em frigideira ou chapa aquecida) usando tapioca, que consiste em fécula de mandioca, um material farináceo rico em amido. A massa pode ser dobrada e servida com recheios doces ou salgados, como coco ou peixes. Do ponto de vista energético, os carboidratos (da massa) fornecem cerca de 4 kcal por grama. Já os lipídios (do coco ou do peixe) fornecem aproximadamente 9 kcal por grama. O estudo da termoquímica, realizado neste capítulo, possibilita a realização, entre outros, de cálculos que envolvem a energia liberada na metabolização de nutrientes energéticos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Povos originários

A partir da chegada dos europeus ao continente americano, os povos que aqui existiam, os **povos originários**, passaram a ser vítimas de diversas formas de violência, que incluem ações para retirar suas terras, forçar seu silenciamento e extinguir suas múltiplas formas de expressão cultural (Figs. 1 a 3).

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Figura 1. Integrantes da Aldeia Aiha, da etnia Kalapalo, durante a cerimônia conhecida como dança da taquara. (Parque Indígena do Xingu, Querência, MT, 2023.)

LUCIOLA ZVARICK/PULSAR IMAGENS

Figura 2. Indígenas da etnia Kuikuro durante o Jawari, ritual que homenageia a memória dos guerreiros mortos e cujo principal evento consiste em uma disputa de arremesso de dardos. (Parque Indígena do Xingu, Gaúcha do Norte, MT, 2023.)

Analise os textos a seguir para realizar a sequência de discussões proposta.

> Indígenas ou ameríndios são termos que se referem a diversos povos originários do Brasil. Povos que viviam no país antes da chegada dos portugueses. Atualmente estima-se que existam mais de 300 povos ou etnias no Brasil e que sejam faladas cerca de 274 línguas diferentes. A Constituição de 88 os reconheceu como sujeitos de direitos que possuem relações próprias e diferentes da sociedade nacional entre si e com a natureza.

Fonte: BRASIL. Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS). **Povos Originários**. MDS, 25 jun. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/acesso-a-alimentos-e-a-agua/articulacao-de-politicas-publicas-de-san-para-povos-e-comunidades-tradicionais/povos-originarios. Acesso em: 19 out. 2024.

A valorização da importância dos povos originários e seus saberes, assim como o reconhecimento que têm sofrido violências desde o início da colonização, é de extrema importância e fortalece o caminho para uma sociedade democrática e inclusiva. Quando o assunto é tratado de forma inter e transdisciplinar, tal como sugere a Lei nº 11.645/2008, aumenta a potencialidade de despertar o pensamento crítico entre adolescentes e jovens, para que tomem cada vez mais consciência de seus papéis sociais.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Figura 3. Os povos indígenas partilham saberes, culturas, ancestralidades e não estão parados no tempo. Vivem também em ambientes urbanos, usam celulares e outros dispositivos tecnológicos, frequentam universidades, viajam em aviões. (Jovens da etnia Guarani registram comemorações do Dia dos Povos Indígenas, Maricá, RJ, 2024.)

Sabemos que há uma diversidade de violências que se impõem sobre os povos originários e as comunidades tradicionais no Brasil e em toda América Latina. Entre violências estruturais e culturais, estes povos resistem, criam e ressignificam narrativas em torno do singular processo histórico de silenciamentos e colonialidades de diversos tipos, ou seja, na dimensão das culturas linguísticas, na construção do gênero, na agricultura, na relação entre educação antirracista ou educação indígena e visões de mundo, nas mídias tradicionais e alternativas e sua relação com a representatividade, a construção dos espaços de convivência e o sentido de coletividade, entre outros.

[...]

As vozes dos colonizadores negaram historicamente o direito aos povos originários e às comunidades tradicionais a coabitar as terras que já habitavam. Expulsos dos territórios que cultivavam e que enterravam seus antepassados, como reconstruir um novo território na dimensão territorial e também epistêmica? Como se legitimam as narrativas dos povos que foram apagados da história ao longo de tanto tempo? [...]

Fonte: CABRAL, R. Prefácio. *In*: MORAES, N. R. *et al*. (org.). **Povos originários e comunidades tradicionais**: trabalhos de pesquisa e extensão universitária. Cachoeirinha: Fi, v. 12. p. 13-15, 2023.

Em grupos, debatam as seguintes questões referentes aos textos anteriores.

1. Se já havia povos no continente americano, os eventos que alguns denominam "descoberta da América" e "descoberta do Brasil" foram, de fato, descobertas?
2. Expliquem o significado do trecho "As vozes dos colonizadores negaram historicamente o direito aos povos originários e às comunidades tradicionais a coabitar as terras que já habitavam".
3. Uma **pergunta retórica** é uma declaração que se faz em forma de pergunta, ou seja, uma pergunta que não busca uma resposta, mas sim expressar uma opinião ao interlocutor. Podemos encontrar dois exemplos disso no último parágrafo do segundo texto. Pesquisem o significado das palavras **episteme**, **epistêmico** e **legitimar** e, em seguida, expliquem qual é a declaração que a autora do texto faz por meio de cada uma dessas duas perguntas retóricas.
4. Pesquisem e leiam o texto da Lei nº 11.645. Considerando as discussões realizadas anteriormente, como vocês justificariam a alguém a relevância dessa lei para nossa sociedade?
5. O modelo ocidental tradicional de exploração dos recursos naturais é muito diferente do modo como os povos originários encaram a natureza e interagem com ela. Apresentem exemplos que ilustrem essas diferentes concepções, explicando por que uma delas é insustentável no longo prazo.

No Ensino Médio, espera-se que os estudantes aprofundem categorias de análise apresentadas no Ensino Fundamental. Para as Ciências Humanas e suas Tecnologias (CHT), as noções a serem trabalhadas com mais complexidade são as de sociedade, as suas relações com a natureza, de onde todo ser humano retira sua existência pelo trabalho. Essa relação entre indivíduo, sociedade, natureza e trabalho produz o espaço, e esse fenômeno ocorre ao longo do tempo. As CHT procuram provocar reflexões sobre o papel do indivíduo, suas possibilidades de atuação social e limites que são colocados pelo convívio em sociedade e cultura. Esse complexo diálogo entre indivíduo, natureza, sociedade e cultura deve levar em conta as diferenças, sem, contudo, transformá-las em desigualdades. Para tanto, a categoria **ética** é proposta como um dos objetivos das CHT. É preciso destacar que há diversas compreensões, conforme a cultura, para as categorias de análise. Aqui cabe ressaltar que os povos originários se entendem como parte da natureza, considerando-a sagrada. Diferentemente dos colonizadores, o trabalho que realizam é para garantir a sobrevivência, e não para gerar riquezas. Além disso, os vários povos indígenas entendem que suas terras abrangem toda a cadeia que mantém o equilíbrio natural, incluindo seus ancestrais ali enterrados, e não apenas o pedaço onde moram. Esse é um dos principais motivos de vários enfrentamentos e disputas entre povos indígenas e não indígenas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Processos: exotérmicos e endotérmicos

A **termoquímica** é uma área com inúmeras aplicações, que vão da quantificação da transferência de calor que acompanha a ocorrência de mudanças de fase ou de reações químicas até a análise comparativa de combustíveis, e do entendimento de fenômenos cotidianos ao desenvolvimento de viagens espaciais. Neste capítulo, você estudará os aspectos fundamentais da termoquímica e, com eles, compreenderá por que a ocorrência de determinados processos físico-químicos cotidianos libera calor para os arredores, aquecendo-os, ou absorve calor deles, resfriando-os.

Em um congelador, a transição de água líquida para água sólida requer a transferência de calor dessa substância para o ambiente que a circunda. A solidificação da água é uma mudança de fase em que há liberação de calor:

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) + \text{calor liberado}$$

Há também reações químicas que liberam calor. Exemplos são as combustões, uma das quais, a da glicose, está equacionada a seguir:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6\,O_2(g) \rightarrow 6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(g) + \text{calor liberado}$$

Mudanças de fase e reações químicas que **liberam calor** são denominadas **processos exotérmicos** (a palavra "exotérmico" vem do grego e significa "calor para fora"). Outros exemplos de processos desse tipo estão nas Figuras 4 e 5.

EDUARDO SANTALIESTRA/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 4. Quando o hidróxido de sódio (NaOH) se dissolve em água, ocorre liberação de calor, o que faz a temperatura da água aumentar. (Essa dissolução **NÃO** deve ser realizada pelos estudantes devido à elevada corrosividade do hidróxido de sódio.)

RICHARD MEGNA/FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

Figura 5. A combustão de magnésio, que forma óxido de magnésio (MgO), é uma reação exotérmica. (Esse experimento **NÃO** deve ser realizado pelos estudantes, pois a luz emitida é muito intensa e pode ofuscar e danificar a visão.)

Existem, por outro lado, fenômenos que absorvem calor. A fusão do gelo, à pressão constante, é um exemplo. Durante a ocorrência dessa mudança de fase, a substância água recebe calor do ambiente:

$$H_2O(s) + \text{calor absorvido} \rightarrow H_2O(l)$$

Um exemplo de reação química que ocorre com absorção de calor é a decomposição do carbonato de cálcio quando aquecido, à pressão constante, na qual se formam óxido de cálcio e dióxido de carbono:

$$CaCO_3(s) + \text{calor absorvido} \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$$

Mudanças de fase e reações químicas que **absorvem calor** são denominadas **processos endotérmicos** (a palavra "endotérmico" vem do grego e significa "calor para dentro"). Outros exemplos de processos desse tipo estão nas Figuras 6 e 7.

EDUARDO SANTALIESTRA/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 6. Quando o nitrato de potássio (KNO_3) se dissolve em água, ocorre absorção de calor, o que faz com que a temperatura da água diminua. (Não se sugere a realização desse experimento, já que o sal tem venda controlada.)

SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 7. O erlenmeyer foi colocado sobre um pedaço úmido de madeira. Dentro do frasco, a ocorrência da reação entre hidróxido de bário e cloreto de amônio, endotérmica, acarretou recebimento de calor das vizinhanças, solidificando a água abaixo do erlenmeyer e aderindo a madeira ao vidro. (Esse experimento **NÃO** deve ser realizado pelos estudantes devido à toxicidade dos íons bário.)

É bastante frequente o estudo de processos à pressão constante. Para quantificar o calor liberado ou absorvido por um sistema químico, nessas condições, foi criada a grandeza **entalpia**, simbolizada por ***H*** e expressa em unidade de energia. Essa grandeza está associada à quantidade de energia presente em um sistema que pode ser convertida em calor em um processo à pressão constante.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Para o presente estudo, será relevante abordarmos a **variação de entalpia** de um sistema, ΔH, definida como a diferença entre suas entalpias final (H_f) e inicial (H_i): $\Delta H = H_f - H_i$.

Na ocorrência de um processo **exotérmico**, à pressão constante, a entalpia final do sistema é menor que a inicial (Fig. 8), devido à saída de energia (como calor). Nesse processo, a **variação de entalpia** do sistema é **negativa**:

$$H_f < H_i \quad \Rightarrow \quad \Delta H = H_f - H_i < 0$$ **Processo exotérmico**

Ao contrário, se acontecer um processo **endotérmico**, à pressão constante, a entalpia final do sistema é maior que a inicial (Fig. 9), pois ele recebe energia do ambiente. Então, a **variação de entalpia** do sistema é **positiva**:

$$H_f > H_i \quad \Rightarrow \quad \Delta H = H_f - H_i > 0$$ **Processo endotérmico**

Assim, o módulo de ΔH corresponde à quantidade de calor trocado por um sistema em um processo à pressão constante, e o sinal de ΔH informa se o processo é **exo**térmico ($\Delta H < 0$) ou **endo**térmico ($\Delta H > 0$). O valor de ΔH é indicado à direita da equação do processo. Exemplos (na pressão de 100 kPa) são:

- $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) \quad \Delta_{solid}H = -6{,}01$ kJ/mol

  A solidificação de um mol de água, à pressão constante, libera 6,01 kJ de energia (em que kJ = quilojoule = 10^3 J).

- $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l) \quad \Delta_{fus}H = +6{,}01$ kJ/mol

  A fusão de um mol de água, à pressão constante, absorve 6,01 kJ.

- $C_6H_{12}O_6(s) + 6\,O_2(g) \rightarrow 6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(g) \quad \Delta_rH = -2.545$ kJ/mol

  A combustão de um mol de glicose, à pressão constante, libera 2.545 kJ.

- $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta_rH = +179$ kJ/mol

  A decomposição de um mol de $CaCO_3$, à pressão constante, absorve 179 kJ.

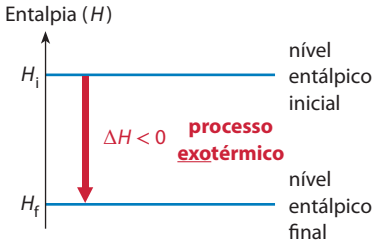


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 8. Diagrama de entalpia genérico para um processo **exotérmico**. Um diagrama de entalpia é uma representação com um eixo vertical no qual se representa, por meio de linhas horizontais, a entalpia (*H*) de um ou mais sistemas de interesse.

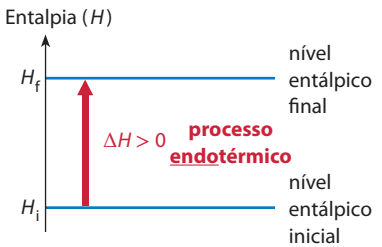


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 9. Diagrama de entalpia genérico para um processo **endotérmico**.

Dialogando com o texto

A unidade **kJ/mol** (ou **kJ · mol^{-1}**) deve ser interpretada como quilojoule **por mol do processo equacionado**, ou seja, considerando que os **coeficientes** da equação representam as **quantidades em mol** envolvidas no processo.

As simbologias usadas no texto seguem a recomendação atual da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC):

- $\Delta_{solid}H$: variação, no processo de solidificação, da entalpia.
- $\Delta_{fus}H$: variação, no processo de fusão, da entalpia.
- Δ_rH: variação, na reação química, da entalpia.

Pode ocorrer, ao consultar algumas fontes de informação, de você encontrar representações usadas anteriormente (ΔH_{solid}, ΔH_{fus} e ΔH_r).

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Se um algodão molhado com água for esfregado nas costas da mão e, em seguida, soprarmos a pele úmida, que sensação teremos no local? Faça o experimento para se certificar. Como esse acontecimento pode ser explicado, fundamentando-se nos conceitos de mudança de fase e de transferência de calor?

2. Talhas e moringas de cerâmica, que contenham água e estejam em um recinto a 25 °C, apresentarão temperatura ligeiramente inferior à desse ambiente. Sabendo que a água é capaz de impregnar a cerâmica e chegar, em pequena quantidade, até o lado externo, proponha uma explicação para o fato relatado, relacionando-o à atividade anterior.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUAÇÃO

3. Analise o seguinte diagrama de entalpia:

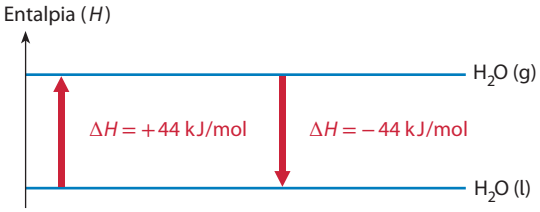


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

a. Explique o significado das setas nele indicadas.

b. Represente os dois processos físico-químicos por meio de equações acompanhadas de seus respectivos valores de variação de entalpia.

c. Considerando as forças atrativas entre moléculas de água (interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio), explique por que um desses processos é endotérmico e o outro é exotérmico.

4. Considere os dois processos assim equacionados:

$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) \qquad \Delta_{solid}H = -6{,}01$ kJ/mol

$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta_{fus}H = +6{,}01$ kJ/mol

a. Represente-os em um diagrama de entalpia.

b. Considerando que a massa molar da água é 18 g/mol, qual é a quantidade de calor necessária para fundir 1,0 g de gelo?

5. Construa um diagrama de entalpia que represente o seguinte processo:

$2\,HCl(g) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g) \qquad \Delta_rH = +184{,}6$ kJ/mol

6. Explique o significado da seguinte representação, que envolve o etanol (C_2H_6O, álcool etílico):

$C_2H_6O(l) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(l) \qquad \Delta_rH = -1.367$ kJ/mol

7. (Unesp-SP) Considere a equação a seguir:

7. b

$2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l) \qquad \Delta_rH = -572$ kJ/mol

É correto afirmar que a reação é:

a. exotérmica, liberando 286 kJ por mol de oxigênio consumido.

b. exotérmica, liberando 572 kJ para dois mols de água produzida.

c. endotérmica, consumindo 572 kJ para dois mols de água produzida.

d. endotérmica, liberando 572 kJ para dois mols de oxigênio consumido.

e. endotérmica, consumindo 286 kJ por mol de água produzida.

8. Um grupo de engenheiros planeja adaptar caldeiras para funcionarem com gás metano produzido a partir da decomposição do lixo orgânico. A combustão do metano é assim equacionada:

$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(g) \qquad \Delta_rH = -8{,}0 \cdot 10^2$ kJ/mol

Eles precisam fazer uma estimativa da massa de metano que deve ser queimada para fornecer 16 MJ (1 M = = 1 mega = 10^6) de energia para aquecer determinada quantidade de água em um processo industrial. Explique como essa previsão pode ser realizada.

9. O seguinte diagrama de entalpia refere-se a três reações químicas realizadas sob as mesmas condições de pressão e temperatura (100 kPa e 25 °C). Equacione cada uma das três reações e explique a razão da diferença de Δ_rH nos três casos.

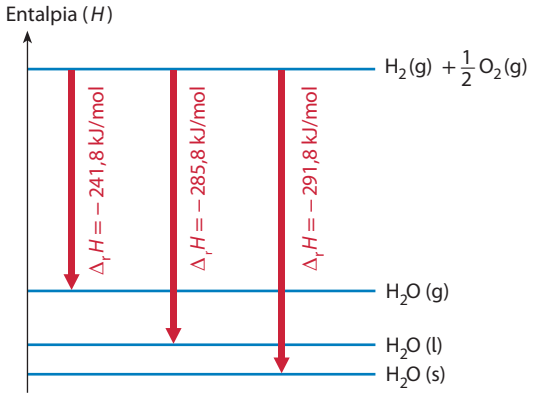


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

10. Considere as equações das combustões de carbono grafite e carbono diamante e seus respectivos valores de Δ_rH, apresentados a seguir, referentes a 100 kPa e 25 °C. Represente esses dados em um diagrama de entalpia e conclua, fundamentado nele, qual das duas variedades alotrópicas do elemento químico carbono (grafite ou diamante) tem maior conteúdo entálpico.

$C(graf.) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta_rH = -391{,}6$ kJ/mol

$C(diam.) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta_rH = -393{,}5$ kJ/mol

11. Explique, com base na atividade anterior, como determinar a variação de entalpia (a 100 kPa e 25 °C) da reação de conversão de grafite em diamante, assim equacionada:

$C(graf.) \rightarrow C(diam.) \qquad \Delta_rH = ?$

12. Para a reação equacionada a seguir, foi elaborado um gráfico do calor absorvido (a 100 kPa e 25 °C) em função da massa de produto formada. Explique como o valor de Δ_rH para essa reação (em kJ/mol), referente a 100 kPa e 25 °C, pode ser determinado a partir do gráfico.

$\frac{1}{2}\,H_2(g) + C(graf.) + \frac{1}{2}\,N_2(g) \rightarrow HCN(g)$

Calor absorvido na reação equacionada

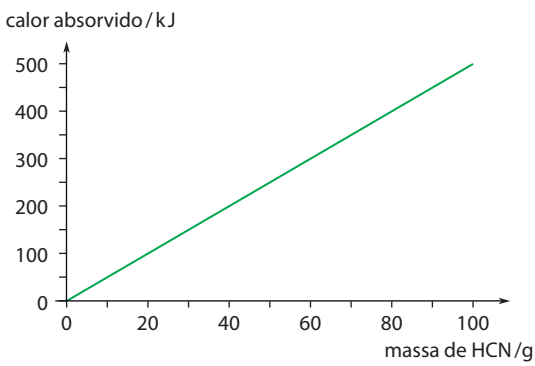


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Conservação da energia: um importante princípio da Física

Este assunto também é trabalhado no Capítulo 5 de Física desta coleção.

O conceito de **energia** é fundamental para as Ciências da Natureza. Um dos princípios científicos mais relevantes relacionados a esse conceito é o da **conservação da energia**, segundo o qual a energia não pode ser destruída nem criada, apenas convertida de um tipo em outro.

Alguns dos tipos de energia são a mecânica cinética, a mecânica potencial, a elétrica, o calor e a química potencial.

A energia mecânica cinética é a energia associada ao movimento de um corpo. É o caso da energia de um automóvel em movimento, de uma bola chutada, de um objeto em queda ou das pás de um ventilador girando.

A energia mecânica potencial é a energia associada à situação de um corpo e que pode se transformar em energia cinética. Um objeto a certa altura do chão tem energia mecânica potencial em relação ao nível do solo. Na queda, essa energia potencial se transforma em cinética. Uma mola comprimida também tem energia mecânica potencial. Ao ser solta, essa energia potencial se converte em cinética, associada ao movimento da mola.

A energia elétrica é a energia associada à passagem de corrente elétrica por um circuito. A energia elétrica é responsável pelo acendimento de lâmpadas e pelo funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos.

O calor é energia em transferência de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Calor, por exemplo, é transferido da palma da sua mão para um pedaço de gelo em contato com ela.

A energia potencial química é a energia armazenada em substâncias químicas. Quando uma pilha é usada, a energia potencial química é convertida em energia elétrica. Quando um combustível é queimado, a energia potencial química se transforma em calor.

Ao estudar este capítulo, esteja atento à conservação da energia. Quando um processo **exotérmico** ocorre, a energia liberada **não é destruída**, mas transferida, como calor, para os arredores (as imediações). De modo similar, quando um processo **endotérmico** acontece, a energia absorvida **não é criada**, mas recebida, como calor, dos arredores (Fig. 10).

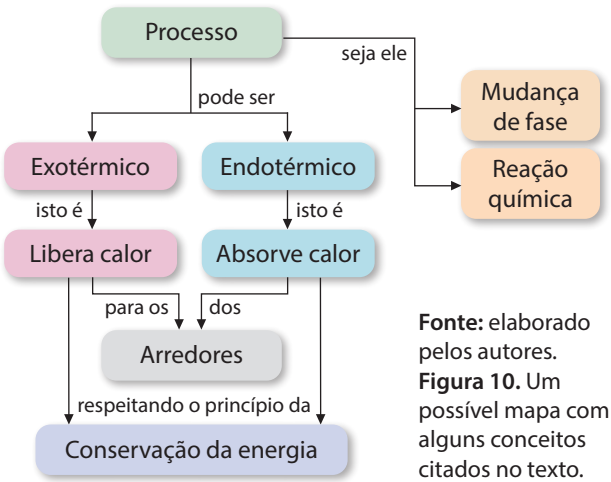


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado pelos autores.
Figura 10. Um possível mapa com alguns conceitos citados no texto.

Um aspecto que merece sua atenção é o uso da palavra "energia" fora dos contextos científicos.

O conhecimento inclui muitas áreas. Diversas questões importantes para o ser humano são tratadas na **literatura**, na **música**, no **teatro**, no **cinema**, nas **artes plásticas**, na **filosofia** e na **religião**, apenas para citar alguns poucos exemplos.

Quando a palavra "energia" é empregada nessas e em outras áreas – e, portanto, fora do campo de atuação das Ciências da Natureza – pode acontecer de esse uso envolver liberdade criativa (Fig. 11), e devemos compreender que se trata de uma utilização em contexto não científico.

YURI A/PEOPLEIMAGES/SHUTTERSTOCK

Figura 11. Um filme de ficção pode envolver violações de princípios científicos. Embora isso faça parte do contexto da fruição da arte, não altera os princípios científicos ou o método científico.

Agora, individualmente, realize as seguintes atividades, registrando as respostas e conclusões no seu caderno.

1. Elabore uma relação com exemplos de acontecimentos do seu cotidiano em que aconteça interconversão de energia entre seus tipos.
2. Dos exemplos listados, quais envolvem reações químicas exotérmicas? A partir de sua resposta, elabore um breve texto explicando qual é a a importância de reações químicas exotérmicas para a sociedade.
3. A presença de diversas **pseudociências** se intensificou com o advento das redes sociais. Os discursos pseudocientíficos frequentemente estão associados à tentativa de obter seguidores e/ou de vender produtos e serviços. Tais discursos se caracterizam por ideias que respondem a tudo, resolvem muito eficazmente os problemas e não estão abertas a questionamentos à luz de evidências que as contradigam. Antes de prosseguir com a realização desta atividade, releia o texto *Diferença entre Ciência e pseudociência*, apresentado no Capítulo 2.

   Realize uma coleta de exemplos de discursos pseudocientíficos que envolvam o uso incorreto do termo "energia" e prepare-se para apresentar esses casos aos colegas, em sala de aula, explicando por que constituem pseudociência.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Transferência de calor em dois fenômenos

Objetivo

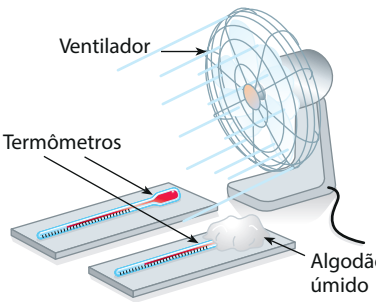
Observar evidências de dois processos que envolvem transferência de calor entre o sistema e os arredores, e interpretar tais evidências.

Material (para cada grupo)

- Dois termômetros (**manuseiem com cuidado**, pois são de vidro frágil e podem se quebrar, causando ferimentos);
- ventilador (se não houver disponibilidade de um, usar uma tampa de panela ou uma tampa de caixa de papelão – nesse caso, os estudantes devem se revezar para abanar os termômetros durante o período de observação indicado no procedimento da parte 1 deste experimento);
- chumaço de algodão;
- água (à temperatura ambiente);
- pedaço de palha de aço nova;
- dois copos de vidro;
- garfo;
- elástico de borracha;
- meia xícara de vinagre (o vinagre, por ser ácido, **não** deve ter contato com os olhos e as mucosas).

Procedimento – parte 1

1. Posicionem os termômetros à mesma distância do ventilador, que deve estar desligado. Mantenham-nos nesta posição até que ambos marquem a mesma temperatura e registrem-na no caderno.
2. Umedeçam o chumaço de algodão com água à temperatura ambiente. Envolvam o bulbo de **um** dos termômetros com esse chumaço umedecido e, em seguida, liguem o ventilador (Fig. 12).
3. Construam uma tabela no caderno para registrar, a cada minuto, durante quinze minutos, a temperatura indicada em cada um dos termômetros e façam esses registros.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

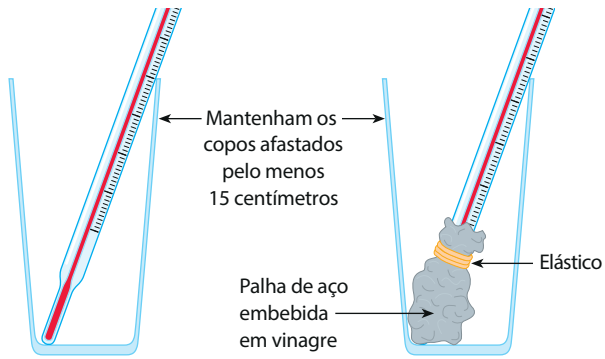
Figura 12. Montagem da parte 1 deste experimento.

Conclusões

Analisem as anotações feitas ao longo dos quinze minutos. Foi observada alguma alteração significativa de temperatura? Em qual dos termômetros? Qual dos termômetros, nesse caso, serve como controle? Que hipótese pode ser elaborada para explicar aquilo que se observou?

Procedimento – parte 2

1. Descartem o chumaço de algodão úmido no lixo comum e, **com muito cuidado**, sequem o termômetro usando uma toalha de papel ou um tecido macio. Esperem que os dois termômetros voltem a marcar a mesma temperatura e registrem-na no caderno.
2. Peguem um pedaço de palha de aço (de um tamanho que permita envolver o bulbo de um dos termômetros) e, usando o garfo, mergulhem esse pedaço no vinagre e mantenham-no submerso por 1 minuto.
3. Retirem o pedaço do vinagre, escorram o excesso de líquido em uma pia, envolvam o bulbo de um dos termômetros com ele e prendam-no com o elástico. Coloquem esse termômetro em um dos copos. **Lavem bem as mãos para eliminar quaisquer resíduos de vinagre.** Posicionem o outro termômetro no outro copo (Fig. 13).



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 13. Montagem da parte 2 deste experimento.

4. Construam uma tabela no caderno para registrar, a cada minuto, durante quinze minutos, a temperatura indicada em cada um dos termômetros e façam esses registros.
5. Descartem o elástico e a palha de aço no lixo comum. Lavem e guardem os demais equipamentos.

Conclusões

Analisem as anotações feitas. O que se percebe? Como isso pode ser explicado? A qual fenômeno químico está relacionado? Fundamentados em conhecimentos de Física e de Química, proponham uma **explicação** para o que foi observado ao realizar o experimento.

Troquem ideias sobre sua explicação com os outros grupos e discutam-na com o professor.

A seguir, elaborem um relatório sobre essa atividade prática. Esse relatório deve indicar claramente os procedimentos, as observações e as conclusões sobre a parte 1 e a parte 2 do experimento. Ao explicarem os resultados, **argumentem** com base em princípios da Ciência. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Variação de entalpia-padrão e lei de Hess

Valores de ΔH de muitas reações já foram determinados experimentalmente em equipamentos denominados **calorímetros**. A Figura 14 mostra o esquema de um calorímetro, no qual podem ser realizados processos endotérmicos ou exotérmicos. Nesses processos, a energia é absorvida da água contida no calorímetro ou liberada para ela. A mudança de temperatura da água é registrada e usada para calcular a quantidade de energia envolvida no processo e, a partir dela, o valor de ΔH do processo realizado. Os calorímetros são projetados e construídos de modo a tornar nula, ou praticamente nula, a transferência de calor entre o interior do equipamento e o ambiente externo.

Para expressar de modo completo o valor de ΔH obtido em laboratório referente a uma reação, devem constar na representação: a equação química com os coeficientes estequiométricos adequados, a fase em que se encontra cada um dos participantes, a variedade alotrópica (quando for o caso), a temperatura e a pressão em que o processo foi realizado e o valor do ΔH.

Por exemplo, para a combustão de carbono grafite:

$$C\,(graf.) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) \qquad \Delta H = -393{,}5\ kJ/mol\ \ (25\ °C,\ 100\ kPa)$$

Veremos, ao longo deste capítulo, que ter à disposição para consulta uma lista de valores de ΔH para diferentes reações é importante para realizar previsões úteis.

Cientistas usam tais previsões para comparar combustíveis quanto à energia que fornecem por unidade de massa ou volume, prever quanto se deve fornecer de energia para que determinados processos ocorram ou se há necessidade de manter certos sistemas refrigerados durante reações exotérmicas para que o calor liberado não provoque acidentes.

Ao empregarmos informações tabeladas, precisamos saber a que condições experimentais elas se referem, para que possamos decidir a que condições as previsões feitas a partir delas se aplicam.

Para facilitar o referenciamento dos dados termoquímicos, foi criado o conceito de **estado-padrão**, ou **condições-padrão**, de uma substância, que corresponde a essa substância, pura, na pressão de 100 kPa (isto é, 1 bar) e em uma temperatura de interesse, geralmente (mas não obrigatoriamente) escolhida como sendo 25 °C. (Não confunda essa definição com a expressão "condições ambientes", que designa 25 °C e 1 atm.)

Quando um valor de ΔH se refere a reagentes e produtos no estado-padrão, é denominado **variação de entalpia-padrão** e simbolizado por $\Delta H^\ominus$, em que o símbolo "$\ominus$" sobrescrito faz referência ao estado-padrão.

Por exemplo:

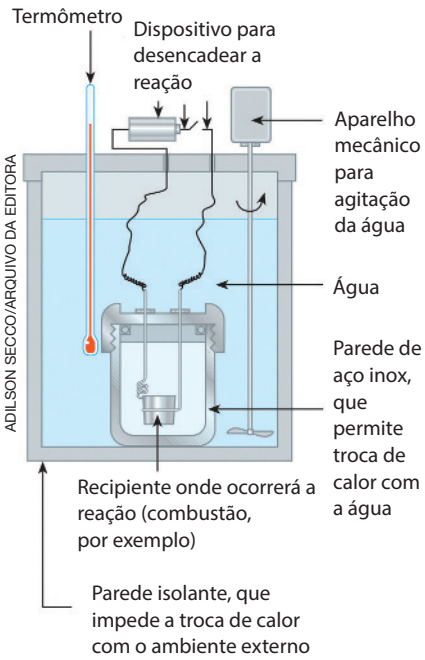
$$C\,(graf.) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) \qquad \Delta H^\ominus = -393{,}5\ kJ/mol\ \ (25\ °C)$$

Em algumas publicações, emprega-se o símbolo de grau ($\Delta H°$) no lugar do caractere "$\ominus$". Neste livro, utilizaremos a representação $\Delta H^\ominus$.

Anteriormente, a definição de estado-padrão envolvia a pressão de 1 atm (101,3 kPa) em vez de 100 kPa. Por isso, algumas fontes de informação ainda apresentam tabelas de $\Delta H^\ominus$ a 1 atm. Isso não traz inconvenientes práticos para uso dos dados no Ensino Médio, pois essa variação de 1,3% na pressão não afeta significativamente os valores de entalpia. Contudo, em trabalhos técnicos ou científicos de precisão, deve-se levar em conta dados referentes a 100 kPa.

Há reações para as quais a determinação experimental do ΔH é difícil; algumas são explosivas, outras são muito lentas, têm rendimento muito baixo ou são acompanhadas de reações concorrentes (reações indesejáveis que ocorrem simultaneamente e consomem os reagentes).

Contudo, às vezes é possível prever o ΔH de uma reação sem realizá-la. A **lei de Hess**, enunciada por Germain Henri Hess (1802-1850), possibilita fazer essa previsão. Ela enuncia que o ΔH de uma reação é igual à soma dos valores de ΔH das etapas em que ela pode ser desmembrada, ainda que tal desmembramento seja apenas teórico (Fig. 15).



Fonte: ATKINS, P. *et al*. **Chemical principles**: the quest for insight. 8. ed. Nova York: Macmillan, 2023. p. 264.

Figura 14. Esquematização (em corte) de um calorímetro. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

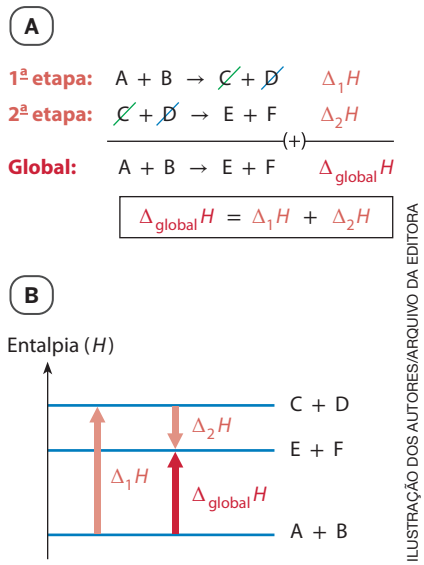


Figura 15. (A) Exemplo hipotético da soma de equações visando à determinação do ΔH da reação global. (B) Exemplo do respectivo diagrama de entalpia, também hipotético.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Colocando de outra maneira, a lei de Hess permite que trabalhemos com equações termoquímicas como equações matemáticas. Ao somarmos equações, o ΔH resultante será igual à soma dos valores de ΔH das etapas somadas. Às vezes, precisamos inverter uma equação, trocando reagentes e produtos de lugar e alterando o sinal do ΔH (pois endotérmica vira exotérmica, e vice-versa). Além disso, frequentemente necessitamos multiplicar uma equação por certo número, o que pode ser feito desde que também multipliquemos o ΔH por esse número. No próximo item, exemplificaremos o uso da lei de Hess.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

13. Considere os seguintes processos hipotéticos:

A → **B** $\quad \Delta_1 H = +25$ kJ/mol

B → **C** $\quad \Delta_2 H = +35$ kJ/mol

Elabore um diagrama de entalpia no qual apareçam **A**, **B** e **C** e indique nele os valores de $\Delta_1 H$ e $\Delta_2 H$. Nesse mesmo diagrama, indique o valor de $\Delta_{total} H$ para a reação química assim equacionada:

A → **C** $\quad \Delta_{total} H = ?$

14. Considere os seguintes processos hipotéticos:

X → **Y** $\quad \Delta_3 H = -20$ kJ/mol

Y → **Z** $\quad \Delta_4 H = -40$ kJ/mol

Elabore um diagrama de entalpia no qual apareçam **X**, **Y** e **Z** e indique nele os valores de $\Delta_3 H$ e $\Delta_4 H$. Nesse mesmo diagrama, indique o valor de $\Delta_{total} H$ para a reação química assim equacionada:

X → **Z** $\quad \Delta_{total} H = ?$

15. Considere os seguintes processos hipotéticos:

S → **T** $\quad \Delta_5 H = +60$ kJ/mol

T → **U** $\quad \Delta_6 H = -30$ kJ/mol

Elabore um diagrama de entalpia no qual apareçam **S**, **T** e **U** e indique nele os valores de $\Delta_5 H$ e $\Delta_6 H$. Nesse mesmo diagrama, indique o valor de $\Delta_{total} H$ para a reação química assim equacionada:

S → **U** $\quad \Delta_{total} H = ?$

16. A lei de Hess é de grande relevância na termoquímica, e diagramas de entalpia auxiliam em sua compreensão. Considere o diagrama a seguir, referente às condições-padrão, a 25 °C:

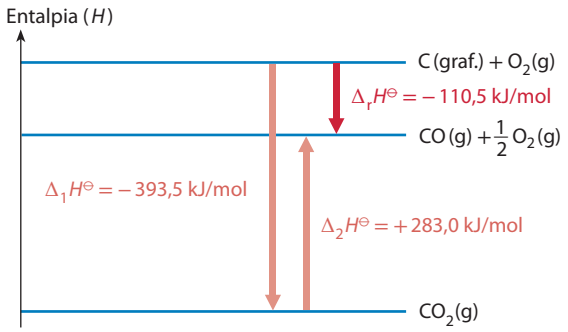


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

a. Equacione as reações químicas associadas a $\Delta_1 H^\ominus$, $\Delta_2 H^\ominus$ e $\Delta_r H^\ominus$.

b. Demonstre que a soma das equações às quais se referem $\Delta_1 H^\ominus$ e $\Delta_2 H^\ominus$ resulta na equação global, e também que $\Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus = \Delta_r H^\ominus$.

17. Mostre como utilizar os seguintes valores de $\Delta_r H^\ominus$:

$H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2\,HF(g) \quad \Delta_r H^\ominus = -546$ kJ/mol

$C(graf.) + 2\,F_2(g) \rightarrow CF_4(g) \quad \Delta_r H^\ominus = -680$ kJ/mol

$2\,C(graf.) + 2\,H_2(g) \rightarrow C_2H_4(g) \quad \Delta_r H^\ominus = +52$ kJ/mol

para determinar a variação de entalpia do processo:

$C_2H_4(g) + 6\,F_2(g) \rightarrow 2\,CF_4(g) + 4\,HF(g) \quad \Delta_r H^\ominus = ?$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Entalpia-padrão de combustão

OBJETO DIGITAL Infográfico clicável: Um brilho na escuridão

De modo bem genérico, **combustão** é a reação exotérmica de uma substância (**combustível**) com gás oxigênio (nesse contexto, denominado **comburente**) que ocorra em condições tais que o próprio calor liberado no processo seja suficiente para manter a ocorrência da reação.

A energia liberada nas combustões (que estava armazenada como energia química nos combustíveis) tem diversas aplicações: preparo de alimentos (Fig. 16), iluminação, funcionamento de motores e aquecimento de materiais.

Há três diferentes formas de combustão, cujo equacionamento exemplificamos a seguir usando o combustível metano (CH_4).

Combustão completa com formação de dióxido de carbono e água:

$CH_4(g) + 2\,O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \quad \Delta H^\ominus = -891$ kJ/mol

KOOSEN/SHUTTERSTOCK

Figura 16. No queimador de um fogão que usa gás liquefeito de petróleo (GLP), ocorre a combustão dos gases propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}).

Combustão incompleta formando monóxido de carbono e água:

$$CH_4(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H^\ominus = -608\ kJ/mol$$

Combustão incompleta formando carbono grafite e água:

$$CH_4(g) + O_2(g) \rightarrow C(graf.) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H^\ominus = -497\ kJ/mol$$

Além do produto contendo carbono (CO_2, CO e C), note também a diferença na quantidade estequiométrica de oxigênio que reage. O maior consumo de O_2 se dá na combustão completa e o menor na incompleta, formando carbono.

Reações de **combustão completa** são, em geral, fáceis de realizar em calorímetros apropriados e, por isso, já foram medidos e tabelados muitos valores de $\Delta H^\ominus$ para esse tipo de reação (Tabela 1). Cada um desses valores é denominado (**variação de**) **entalpia-padrão de combustão** e representado por $\Delta_c H^\ominus$.

Segue, como exemplo, o dado referente à combustão completa de 1 mol de butano (C_4H_{10}), um componente do gás de botijão:

$$C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(l) \qquad \Delta_c H^\ominus = -2.878\ kJ/mol$$

Quando essa reação é realizada em um fogão, a temperatura não se mantém em 25 °C, mas atinge valores suficientemente elevados para que a água produzida esteja em fase gasosa. Na equação química mostrada, contudo, a água está indicada em fase líquida, porque valores de $\Delta_c H^\ominus$ referem-se a **reagentes e produtos no estado-padrão e a 25 °C**.

Usando a lei de Hess, valores de $\Delta_c H^\ominus$ podem ser empregados para determinar o $\Delta H^\ominus$ de outras reações químicas.

Como exemplo, vamos calcular $\Delta H^\ominus$ para a reação química de oxidação de etanol a ácido acético, processo que apresenta utilidade industrial na produção de vinagre (Fig. 17), uma solução aquosa cujo principal soluto é o ácido acético (CH_9COOH), também denominado ácido etanoico. Esse ácido é produzido a partir do etanol (C_2H_5OH) pela ação de enzimas de bactérias do gênero *Acetobacter*. A palavra "vinagre" tem origem no latim e significa "vinho azedo". O etanol usado como matéria-prima pode ser proveniente da fermentação alcoólica de carboidratos obtidos de diferentes plantas. Considerando o estado-padrão, a reação que transforma etanol em ácido acético é assim equacionada:

$$\underset{\text{etanol}}{C_2H_5OH(l)} + O_2(g) \rightarrow \underset{\text{ácido acético}}{CH_3COOH(l)} + H_2O(l) \qquad \Delta_r H^\ominus = ?$$

Da Tabela 1, obtemos os seguintes dados:

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \qquad \Delta_c H^\ominus = -1.367\ kJ/mol$$
$$CH_3COOH(l) + 2O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta_c H^\ominus = -874\ kJ/mol$$

Usando a lei de Hess, podemos obter a equação desejada somando a primeira com o inverso da segunda (trocando o sinal do ΔH dessa etapa), chegando ao valor desejado:

$$C_2H_5OH(l) + \cancel{3}^{1}O_2(g) \rightarrow \cancel{2CO_2(g)} + \cancel{3}^{1}H_2O(l) \qquad \Delta_1 H^\ominus = -1.367\ kJ/mol$$
$$\cancel{2CO_2(g)} + \cancel{2H_2O(l)} \rightarrow CH_3COOH(l) + \cancel{2O_2(g)} \qquad \Delta_2 H^\ominus = +874\ kJ/mol$$

(+)

$$C_2H_5OH(l) + O_2(g) \rightarrow CH_3COOH(l) + H_2O(l) \qquad \Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus$$
$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus \Rightarrow \boxed{\Delta_r H^\ominus = -493\ kJ/mol}$$

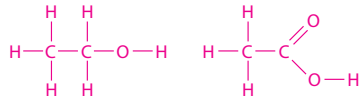
Retome que os coeficientes indicam a **proporção entre mols** consumidos e formados. No caso, a proporção é $1 : \frac{3}{2} : 1 : 2$, que equivale a 2 : 3 : 2 : 4.

Tabela 1. Entalpia-padrão de combustão, $\Delta_c H^\ominus$, de algumas substâncias, a 25 °C e 100 kPa

Substância	$\Delta_c H^\ominus$ (kJ/mol)
$H_2(g)$	−286
C (graf.)	−394
CO (g)	−283
CH_4 (g) (metano)	−891
C_2H_2 (g) (etino)	−1.300
C_2H_4 (g) (eteno)	−1.411
C_2H_6 (g) (etano)	−1.561
C_3H_8 (g) (propano)	−2.220
C_4H_{10} (g) (butano)	−2.878
C_5H_{12} (l) (pentano)	−3.509
C_6H_6 (l) (benzeno)	−3.268
C_6H_{14} (l) (hexano)	−4.163
C_7H_{16} (l) (heptano)	−4.817
CH_2O_2 (l) (ácido fórmico)	−254
$C_2H_4O_2$ (l) (ácido acético)	−874
CH_4O (l) (metanol)	−726
C_2H_6O (l) (etanol)	−1.367
C_3H_6O (l) (acetona)	−1.790
$C_4H_{10}O$ (l) (éter dietílico)	−2.724

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 9. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 86.

Se necessário, mostre as fórmulas estruturais planas (apresentadas a seguir) e, a partir delas, as representações resumidas e as fórmulas moleculares de etanol (C_2H_5OH, C_2H_6O) e ácido acético (CH_3COOH, $C_2H_4O_2$).



GRESEI/SHUTTERSTOCK

Figura 17. O vinagre é uma solução aquosa cujo principal soluto é o ácido acético.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Uma reação química na ficção

O filme *Perdido em Marte* (2015, dirigido por Ridley Scott) conta a história de Mark Watney, um astronauta e biólogo que é deixado para trás em Marte após uma tempestade de poeira. A equipe da Nasa (Agência Espacial Estadunidense) acredita que Watney está morto, mas ele sobrevive e precisa usar suas habilidades científicas para encontrar uma maneira de sobreviver até ser resgatado.

Em uma das cenas, o filme mostra Watney enfrentando o desafio de produzir água em Marte para cultivar batatas, que, no contexto do enredo, são a única fonte alimentar para sua sobrevivência.

Para resolver esse problema, Watney diz saber a receita da água: obter gás hidrogênio, juntar com oxigênio e queimar. Para isso, o astronauta decide utilizar a hidrazina (N_2H_4), um combustível de foguete disponível na estação de trabalho que também ficou naquele planeta. Ele submete a hidrazina a um processo químico que decompõe a substância em gás nitrogênio e gás hidrogênio. O plano é direcionar o gás hidrogênio resultante para uma pequena área e, em seguida, realizar sua **combustão** com o oxigênio disponível na atmofera dessa área.

A cena mostra a determinação de Watney em adaptar os recursos disponíveis para resolver problemas de sobrevivência. Contudo, o experimento não sai exatamente como ele planejou. Watney subestima a energia que seria liberada na reação, o que acaba resultando em uma explosão.

Após essa explosão, uma cena seguinte mostra água gotejando do equipamento improvisado pelo astronauta. O solo vai ficando úmido, assim como todo o ambiente, o que representa sucesso na produção de água e um avanço crucial para a sobrevivência do astronauta (Fig. 18).

Dialogando com o texto

A seção *Em destaque* e suas atividades realizam uma importante contraposição entre o modo de trabalho da Ciência e a maneira como ela é retratada em obras de ficção. Para tirar o máximo de proveito possível, sugerimos que você releia o item 3 do Capítulo 1, sobre método científico.

Nesta seção e em suas atividades, abordamos uma situação representativa de obras de ficção científica com a finalidade de auxiliar os estudantes a perceber as limitações de abordagens ficcionais e desenvolver a capacidade de diferenciar o que é aceito pela Ciência contemporânea e o que é puramente obra ficcional.

MAXIMUM FILM/ALAMY/FOTOARENA

ATLASPIX/ALAMY/FOTOARENA

Figura 18. O personagem Watney (A) cuidando de sua plantação de batatas em uma área confinada e (B) fora da nave usando traje espacial.

Agora, debata com seus colegas as questões a seguir.

1. Em laboratórios, as reações químicas são realizadas em ambientes controlados e monitorados, usando quantidades medidas de reagentes, a fim de que se transformem, com segurança, nas quantidades desejadas de produtos. Considerando a cena descrita no texto desta seção, a equação química que a representa e se essa reação é **endotérmica** ou **exotérmica**, quais aspectos laboratoriais da execução foram simplificados ou ignorados no filme?
2. Como essa simplificação pode influenciar a percepção do público sobre a complexidade dos processos químicos?
3. De que forma o filme reforça estereótipos sobre os cientistas e a Ciência, especialmente no que diz respeito à representação do cientista Mark Watney?

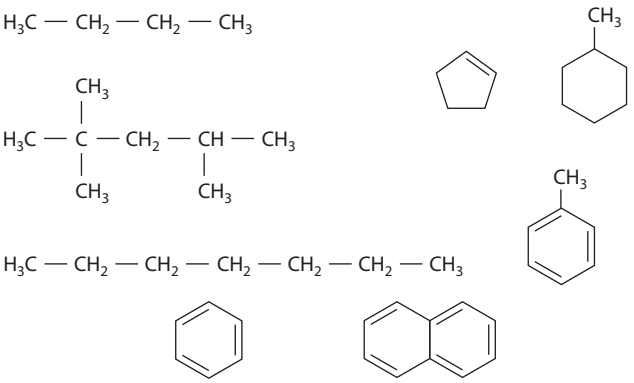
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Petróleo

Segundo uma das teorias mais aceitas, a formação do **petróleo** (palavra que deriva do latim e significa "óleo de pedra") começou há milhões de anos, quando restos de pequenos organismos se depositaram no fundo de mares. Esses restos foram lentamente cobertos por sedimentos, que, com o passar do tempo (na longa escala geológica), se transformaram em rochas sedimentares, como calcário e arenito.

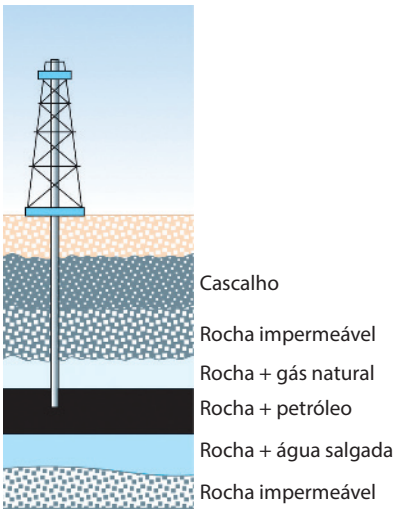
Ao longo de milhões de anos, submetidos a alta pressão, alta temperatura e ausência de oxigênio, os restos dos organismos passaram por complexas reações químicas e originaram um líquido viscoso, castanho ou preto, que é uma mistura de centenas de substâncias. Essa mistura, o petróleo, é encontrada em depósitos no subsolo (Fig. 19) ou abaixo do fundo do mar. Entre elas, predominam **hidrocarbonetos**, substâncias orgânicas constituídas apenas dos elementos químicos carbono e hidrogênio. Também há pequenas quantidades de substâncias orgânicas com enxofre, oxigênio ou nitrogênio e de algumas substâncias inorgânicas.

Alguns exemplos de hidrocarbonetos são representados pelas fórmulas estruturais a seguir:



Devido às circunstâncias em que foi formado, o petróleo é encontrado nos poros (orifícios) da estrutura de certas rochas sedimentares em regiões continentais e oceânicas. Geralmente está acompanhado de uma mistura de gases altamente combustível, chamada **gás natural**, e de água salgada (do antigo mar ali existente).

O petróleo extraído das jazidas (depósitos naturais), chamado de **petróleo** (ou **óleo**) **cru**, é enviado a instalações industriais apropriadas, as **refinarias de petróleo**, nas quais é possível separar esses vários componentes em grupos, denominados **frações do petróleo**. Essa separação, chamada **refino** ou **fracionamento** do petróleo, é feita em **colunas de fracionamento**, grandes tubos verticais de aço que servem para realizar **destilação fracionada** (Figs. 20 e 21). Nessa técnica, petróleo cru aquecido é injetado na parte inferior da coluna (a parte mais quente dela), e os vapores dos componentes sobem por tubos internos que interligam sucessivas bandejas horizontais. À medida que sobem, os vapores esfriam gradualmente até se condensarem em uma das bandejas, da qual escoam para fora da coluna por dutos laterais.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SANNI, M. **Petroleum engineering**: principles, calculations, and workflows. Hoboken: John Wiley, 2019. p. 5.

Figura 19. Esquema da exploração de jazida petrolífera no continente. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

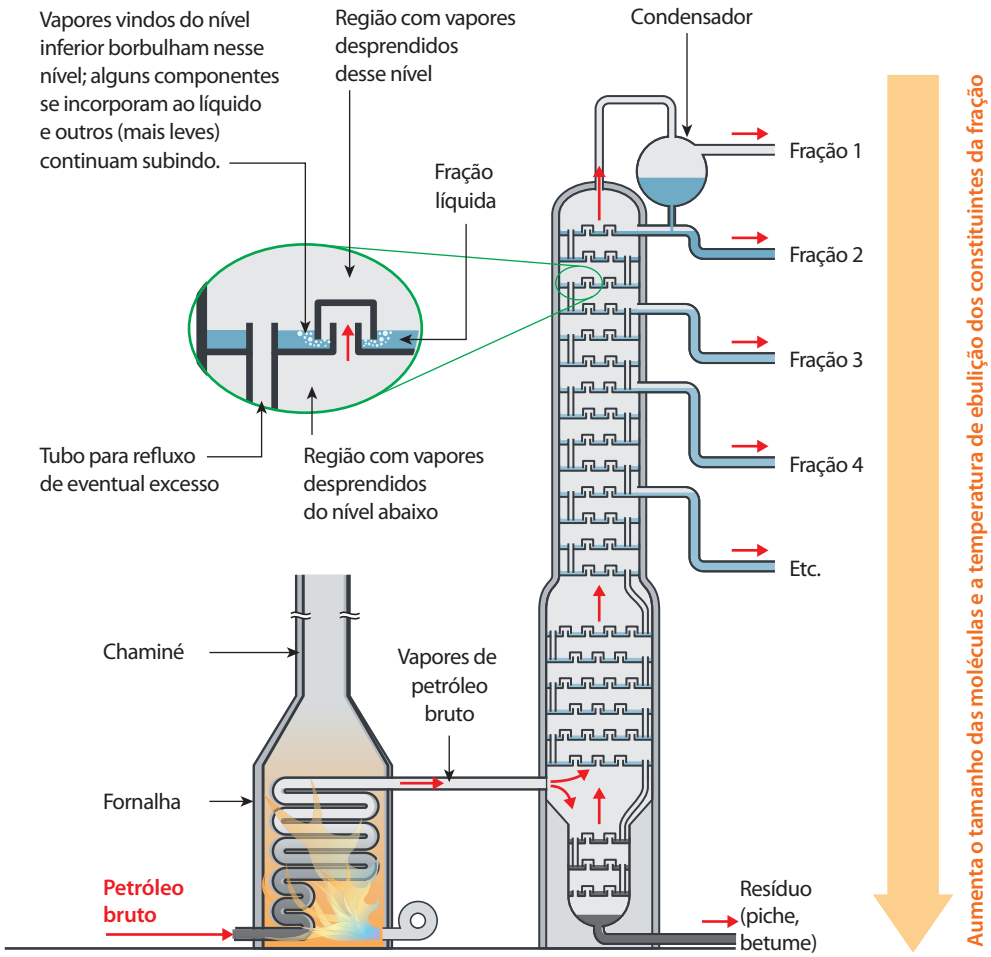
MAYCON SOLDAN/FOTOARENA

Figura 20. Refinaria de petróleo (Paulínia, SP, 2018), instalação que emprega colunas de destilação fracionada e diversos outros equipamentos, alguns deles também em formato de colunas.

Dialogando com o texto

Há diversos outros esquemas interessantes na internet sobre a estrutura interna de uma coluna de destilação fracionada de petróleo. Se possível, realize uma busca de imagens usando a expressão "coluna de fracionamento de petróleo" e analise-as detalhadamente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: HSU, C. S.; ROBINSON, P. R. **Petroleum science and technology**. Cham: Springer, 2019. p. 168; SMITH, J. G. **Principles of General, Organic, & Biological Chemistry**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 355.

Figura 21. Esquema de uma coluna de fracionamento de petróleo. Quanto mais para baixo uma fração é destilada, maiores são as temperaturas de ebulição de seus componentes. (Representação em corte; fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Algumas frações do petróleo, faixa de temperatura aproximada em que destilam (há sobreposição entre algumas delas) e suas aplicações são:

- gás (< 30 °C) – mistura de hidrocarbonetos C_3–C_4 (isto é, com 3 a 4 átomos de carbono) usada como combustível para fogões e aquecedores e comercializada como GLP, gás liquefeito de petróleo;
- nafta leve (30-85 °C) – solvente e matéria-prima industrial;
- gasolina (30-200 °C) – mistura de hidrocarbonetos C_6–C_{10}, empregada como combustível em veículos;
- nafta pesada (85-200 °C) – solvente e matéria-prima industrial;
- querosene (170-270 °C) – combustível e matéria-prima industrial;
- gasóleo leve (180-340 °C) – inclui o óleo dísel empregado em motores de caminhões, ônibus, tratores e geradores elétricos de emergência;
- gasóleo pesado (315-425 °C) – inclui óleo dísel e óleos lubrificantes leves;
- lubrificantes (> 400 °C) – ampla fração cuja separação posterior fornece óleos de diferentes viscosidades para lubrificação, graxas e vaselinas;
- resíduo (> 540 °C) – fração escura e pegajosa, conhecida como piche ou betume, usada em mistura com pedras, para pavimentação de ruas (asfalto).

Os valores de corte usados para as diversas frações variam na literatura. Os dados aqui apresentados foram compilados de COKER, A. K. **Petroleum refining design and applications handbook**. Hoboken: Wiley, 2018. v. 1; HSU, C. S.; ROBINSON, P. R. **Petroleum science and technology**. Cham: Springer, 2019.

Nas refinarias, são realizadas diversas destilações fracionadas em diferentes colunas, separando as frações iniciais em outras com menos componentes. Em alguns casos, chega-se a isolar uma única substância de interesse.

As **indústrias petroquímicas** utilizam substâncias provenientes do petróleo como reagentes em reações químicas que as transformam em outras, empregadas em grande diversidade de produtos, como plásticos, tecidos, fármacos, perfumes, colas, borrachas, couros sintéticos, espumas, inseticidas, corantes e tintas. Os avanços da petroquímica nos últimos 150 anos se devem ao trabalho de muitos pesquisadores atuando em todo o mundo (exemplo na Figura 22).

FINE ART IMAGES/ ALBUM/FOTOARENA

Figura 22. A química Yulia (ou Julia) Lermontova (1846-1919) foi a primeira mulher russa a obter o título de doutora (Ph. D.) em Química. Entre outras contribuições, foi a primeira a sintetizar diversos hidrocarbonetos ramificados, posteriormente empregados por outros pesquisadores no estudo da eficiência de combustíveis em motores.

A seu critério, proponha a realização em grupo. Veja demais comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Uma professora pediu que seus alunos elaborassem um algoritmo para *software* para ajudar proprietários de veículo bicombustível etanol/gasolina a decidir qual opção é mais econômica.

Ela disse: (1) considere que, na nossa região, o preço por litro de combustível varia, a intervalos de 10 centavos, de R$ 3,70 a R$ 4,00 para etanol e de R$ 5,80 a R$ 6,10 para gasolina; (2) a equivalência entre os combustíveis **depende do veículo** e pode ser deduzida dos dados do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular, do Inmetro; (3) **para efeito de raciocínio**, considere os dados de certo veículo com selo Conpet de eficiência energética (do Programa Brasileiro de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural), para o qual 143 L de etanol equivalem a 100 L de gasolina, ou seja, esses volumes possibilitam percorrer um mesmo percurso (mesma distância).

Analise o fluxograma produzido por uma das equipes, mostrado a seguir, e determine qual será a saída (resultado fornecido). O algoritmo está correto, ou seja, resolve o problema proposto pela professora?

Que alterações devem ser feitas nesse algoritmo, no caso de flutuação dos preços para fora da faixa dada pela professora? E no caso de considerar um veículo com outra equivalência etanol/gasolina?

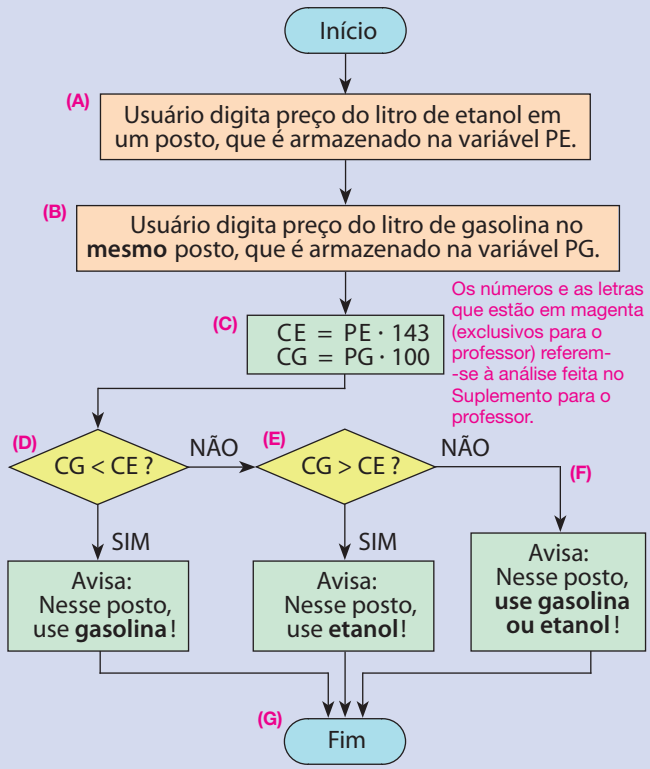


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

18. O metano (CH_4) é o principal constituinte do biogás, obtido na fermentação de restos de comida em recipientes adequados, denominados biodigestores. 18. c

Solicitados a escrever a equação química cuja variação de entalpia nas condições-padrão corresponde à entalpia-padrão de combustão do metano, cinco estudantes apresentaram as respostas a seguir. Qual delas está correta?

a. $C\,(graf.) + 2\,H_2\,(g) \rightarrow CH_4\,(g)$

b. $C\,(graf.) + 2\,H_2\,(g) + 2\,O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)$

c. $CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)$

d. $CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g)$

e. $C\,(s) + 4\,H\,(g) \rightarrow CH_4\,(g)$

19. Uma engenheira química está projetando um reator (recipiente em que ocorrem uma ou mais reações químicas) e, para isso, precisa do $\Delta_r H^\ominus$ da reação de hidrogenação do etino (C_2H_2), na qual ele se transforma em etano (C_2H_6):

$$\underset{\text{etino ou acetileno}}{C_2H_2\,(g)} + 2\,H_2\,(g) \rightarrow \underset{\text{etano}}{C_2H_6\,(g)}$$

Embora ela não tenha encontrado esse valor em tabelas, encontrou as seguintes entalpias-padrão de combustão:

$$C_2H_2\,(g) + \frac{5}{2}\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,CO_2\,(g) + H_2O\,(l) \qquad \Delta_c H^\ominus = -1.301\ kJ/mol$$

$$C_2H_6\,(g) + \frac{7}{2}\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,CO_2\,(g) + 3\,H_2O\,(l) \qquad \Delta_c H^\ominus = -1.561\ kJ/mol$$

$$H_2\,(g) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g) \rightarrow H_2O\,(l) \qquad \Delta_c H^\ominus = -286\ kJ/mol$$

Como, de posse desses valores, a engenheira pode calcular o $\Delta_r H^\ominus$ desejado? Explique e efetue o cálculo.

CONTINUA

20. O elemento químico enxofre forma duas substâncias simples, sólidas nas condições ambientes, que diferem no arranjo cristalino e são denominadas enxofre rômbico e enxofre monoclínico. Tanto o enxofre rômbico quanto o monoclínico sofrem combustão formando dióxido de enxofre gasoso. Os valores de $\Delta_c H^\ominus$ são os seguintes:

$S\,(rômb.) + O_2\,(g) \rightarrow SO_2\,(g) \qquad \Delta_c H^\ominus = -296{,}8$ kJ/mol

$S\,(mono.) + O_2\,(g) \rightarrow SO_2\,(g) \qquad \Delta_c H^\ominus = -297{,}1$ kJ/mol

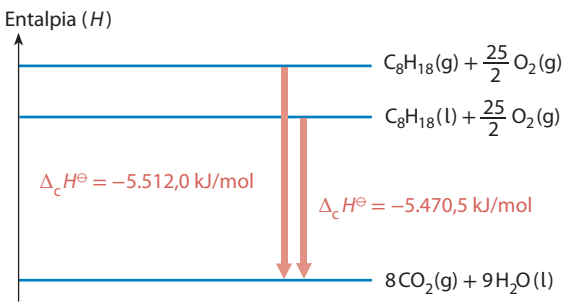
a. Calcule o $\Delta_r H^\ominus$ da reação equacionada a seguir, em que enxofre rômbico se transforma em enxofre monoclínico:

$$S\,(rômb.) \rightarrow S\,(mono.)$$

b. Com base nesses dados, elabore um diagrama de entalpia no qual sejam mostrados e comparados os valores de ΔH de ambos os processos de combustão e também da reação do item **a**.

21. O octano (C_8H_{18}) é um dos muitos componentes da gasolina. O diagrama a seguir ilustra os valores de entalpia de combustão para o octano gasoso e para o octano líquido. Explique como é possível, a partir dele, determinar o valor da entalpia-padrão de vaporização do octano ($\Delta_{vap} H^\ominus$).

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



22. Dizer que choveu ***x*** mm significa dizer que, se a água da chuva não escorresse, não se infiltrasse e não evaporasse, ela formaria uma camada de ***x*** mm de espessura sobre o chão plano. Considere a ocorrência de uma precipitação pluviométrica de 1,0 mm, homogeneamente distribuída sobre toda a área urbana de Curitiba (PR), que é 320 km^2.

a. Faça uma estimativa da energia liberada na condensação de vapor de água para a ocorrência dessa chuva, considerando o dado:

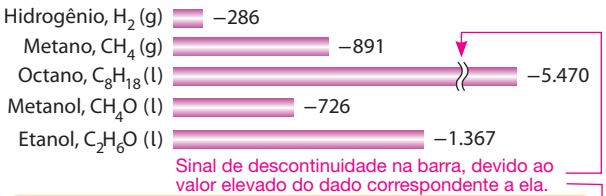
$H_2O\,(g) \rightarrow H_2O\,(l) \qquad \Delta_{cond} H^\ominus = -44$ kJ/mol

b. Consulte a Tabela 1 deste capítulo e determine quantas toneladas de etanol liberariam, na combustão completa, energia igual à liberada na condensação do vapor de água, calculada no item **a**.

(Surpreso com a resposta? Por aí, pode-se perceber a grande quantidade de energia envolvida em fenômenos atmosféricos.)

23. A termoquímica possibilita a comparação da energia fornecida por diferentes combustíveis, por mol ou por unidade de massa ou de volume.

Entalpia-padrão de combustão, $\Delta_c H^\ominus$, a 25 °C (kJ/mol)



Densidade, a 100 kPa e 25 °C (g/mL)

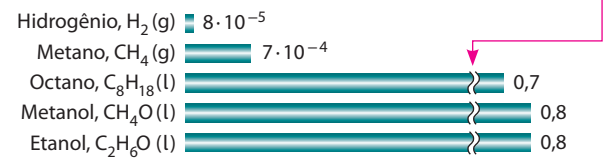


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 3. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 28, 40, 46; *Idem*: seção 9. p. 86.

Empregando os dados fornecidos, demonstre qual desses combustíveis libera maior quantidade de energia quando a comparação é feita:

a. por mol; **b.** por grama; **c.** por mililitro.

24. Uma equipe de estudantes elaborou o seguinte algoritmo, que indica os passos que poderiam ser programados em um computador para que ele exibisse, em tela, um gráfico da variação de entalpia (em kJ), nas condições-padrão e a 25 °C, da combustão completa do formaldeído (CH_2O) líquido, expresso no eixo *y*, em função da massa de formaldeído (em g), expressa no eixo *x*.

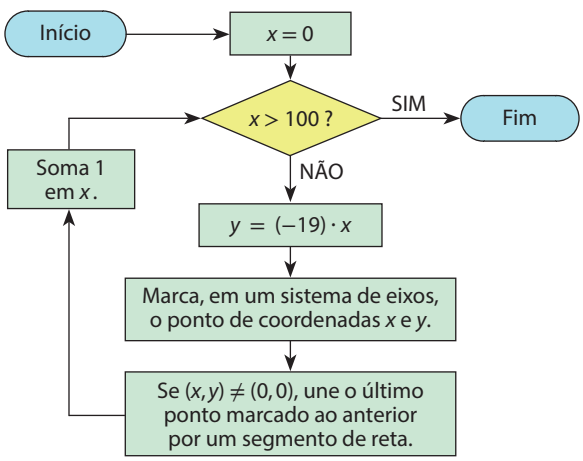


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

a. Analise o algoritmo e esboce o gráfico que, conforme as instruções, será mostrado em tela.

b. Explique como, a partir do algoritmo (ou do gráfico), é possível determinar a entalpia-padrão de combustão ($\Delta_c H^\ominus$) do formaldeído líquido e realize essa determinação.

c. Que adaptações devem ser feitas no algoritmo para que resulte dele um gráfico similar, mas para o acetaldeído (C_2H_4O) líquido, cuja entalpia-padrão de combustão ($\Delta_c H^\ominus$) é −1.166 kJ/mol?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Negacionismo

MEIO AMBIENTE ODS 13

Denomina-se **negacionismo** a atitude de não aceitar algo que é amplamente sustentado por evidências científicas, posicionando-se contra mesmo sem ter evidências convincentes para sustentar essa oposição. Um indivíduo negacionista interpreta alguns aspectos do mundo de maneira distorcida e, convicto de sua opinião, tenta convencer outros a terem a mesma interpretação. Tudo se passa como se esse indivíduo decidisse aquilo em que quer acreditar e, a seguir, buscasse justificativas para a sua crença.

Alguns grupos de negacionistas, diante de argumentos lógicos e com base científica que contrariem suas ideias, lançam mão de ataques pessoais contra pesquisadores, jornalistas, políticos e demais personalidades públicas que defendem o ponto de vista da Ciência. As redes sociais são um terreno fértil para que ideias negacionistas sejam divulgadas e atinjam um grande público, parte do qual poderá acreditar nelas.

Além disso, é frequente que negacionistas aceitem e propaguem **teorias da conspiração**, segundo as quais algumas corporações, alguns governos e algumas sociedades secretas escondem a "verdade" do resto da população. Por exemplo, muitas evidências científicas sustentam a esfericidade da Terra; contudo alguns negacionistas adeptos do terraplanismo acreditam que existe uma conspiração envolvendo pilotos de avião, funcionários da Nasa, cientistas e jornalistas para ocultar a "verdade" da população.

Algumas formas de negacionismo surgem quando pessoas ou grupos têm seus interesses, econômicos ou ideológicos, contrariados. Vamos comentar um dos exemplos mais emblemáticos.

Nas décadas de 1950 a 1970, uma grande quantidade de estudos científicos sustentava que o cigarro aumenta a probabilidade de câncer de pulmão não apenas para quem fuma, mas também para os fumantes passivos, aqueles que inalam a fumaça do cigarro espalhada no ambiente. As indústrias de cigarros consideravam que esses resultados científicos contrariavam seus interesses, pois provocariam diminuição das vendas. Os fabricantes investiram pesadamente para criar e divulgar argumentos que convencessem a opinião pública de que as conclusões científicas estavam erradas. Essa campanha negacionista retardou o esclarecimento dos cidadãos e atrasou em anos uma série de medidas necessárias, que só começaram a ser colocadas em prática a partir da década de 1980 e que hoje são comuns em muitos países, inclusive no Brasil, tais como proibir o fumo em locais públicos, vetar a publicidade de cigarros em rádio, tevê, jornais e revistas, e a obrigatoriedade das imagens e inscrições atualmente presentes nas embalagens de cigarro que alertam para os riscos de fumar. Atualmente, o negacionismo dos malefícios do tabaco é menos intenso, mas foi necessária uma longa jornada e a atuação de inúmeras instituições e cidadãos para chegar ao nível de esclarecimento atual da população, que ainda não é o ideal.

Dialogando com o texto

Um dos casos mais famosos de negacionismo é o dos **movimentos antivacina**. Você pode saber mais sobre isso pesquisando em fontes confiáveis de informação.

Uma sugestão de leitura é o capítulo intitulado *Amigos de vírus e bactérias*, do livro:

PASTERNAK, N.; ORSI, C. **Contra a realidade**: a negação da Ciência, suas causas e consequências. Campinas: Papirus, 2021.

Em outros dois capítulo, essa mesma obra apresenta diversos dados históricos sobre outros dois movimentos negacionistas: o que discordava dos riscos associados ao fumo e o que se opõe à necessidade da redução das emissões de dióxido de carbono.

Agora, em grupos, realizem as atividades.

1. O negacionismo pode ser consequência de falta de conhecimento? Estabeleçam um paralelo entre sua resposta e a charge da Figura 23.
2. Agir de "má-fé" é fingir uma opinião para influenciar os outros, enquanto, de fato, o que verdadeiramente se pensa é diferente. Na opinião do grupo, casos de negacionismo podem envolver má-fé? Expliquem.

© DUKE

Figura 23. Charge para realizar a atividade 1.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Alguns gases presentes na atmosfera terrestre – dióxido de carbono (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), monóxido de dinitrogênio (N_2O) e clorofluorocarbonetos –, conhecidos como **gases estufa**, absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície do planeta (aquecida pela luz solar) e reemitem-na aleatoriamente em todas as direções. Assim, uma parte dessa energia não retorna ao espaço, mas permanece confinada na Terra, fazendo com que a temperatura do planeta seja superior àquela esperada se tais gases não estivessem presentes na atmosfera. Esse processo, que contribui para o aquecimento da Terra, é denominado **efeito estufa**. Se não fosse por ele, poderia não existir vida na Terra, pois as temperaturas médias nos diversos locais do nosso planeta seriam significativamente mais baixas, e toda ou praticamente toda a água estaria congelada.

O clima nas diversas regiões da Terra é diretamente influenciado, portanto, pelo efeito estufa. Um aumento na concentração dos gases relacionados a ele implicaria elevação da temperatura média do planeta e mudanças climáticas mundiais. A concentração de CO_2 na atmosfera aumentou de 315 ppm (partes por milhão) em mols, no ano de 1958, para mais de 425 ppm em mols, em 2024. Esse aumento é atribuído fundamentalmente à queima de combustíveis fósseis, lançando na atmosfera alguns bilhões de toneladas de CO_2 anualmente, e às queimadas em florestas para dar lugar à agricultura, contribuindo com mais de um bilhão de toneladas anuais de CO_2.

Embora os oceanos desempenhem um importante papel ambiental ao absorver parte desse CO_2, mantendo-o dissolvido na forma de carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-), a maior parte do CO_2 se acumula na atmosfera.

A temperatura média do planeta é hoje cerca de 1,5 °C maior que na época anterior à Revolução Industrial. É bem estabelecido pela comunidade científica que esse aumento se deve à elevação dos níveis atmosféricos de CO_2. Em outras palavras, a atividade humana estaria provocando um **aquecimento global** do planeta, ou seja, uma **intensificação do efeito estufa**. Entre os efeitos prejudiciais de um aquecimento do planeta, merecem destaque as mudanças climáticas regionais – com aumento da ocorrência de secas, furacões, inundações e proliferação de espécies que atuam como pragas – e o aumento do nível da água dos oceanos, que cobririam permanentemente cidades litorâneas e ilhas.

A grande quantidade de estudos científicos sobre as alterações climáticas decorrentes da produção de CO_2 contrariou setores da economia cujos lucros dependem da exploração e do uso de combustíveis fósseis. Essa contrariedade estimulou o **negacionismo climático**, que propaga opiniões sistematicamente contrárias à aceitação das evidências científicas da ocorrência do aquecimento global. Esse movimento procura rebater evidências científicas contra-argumentando com opiniões pessoais e/ou com fatos isolados e, por vezes, contraditórios. O movimento tem características de **pseudociência**, pois tenta revestir com roupagem científica ideias que não decorrem da aplicação da metodologia de atuação das Ciências da Natureza, que não estão abertas ao contraditório nem à revisão e ao aperfeiçoamento. O negacionismo climático é, em sua essência, um discurso que pretende legitimar práticas econômicas que acarretam liberação de gases estufa.

A abordagem do aquecimento global, de suas implicações nas mudanças climáticas e do negacionismo climático pode ser trabalhada com a participação do professor de Geografia.
Comente com a turma que a forma como os algoritmos são programados em redes sociais virtuais e *sites* de busca contribui para a difusão de *fake news* e de negacionismos, pois tende a indicar perfis de pessoas e publicações ou resultados relacionados aos interesses de cada usuário, criando ambientes marcados pela homogeneidade de ideias e informações, as bolhas digitais.
Enfatize a relação entre as emissões de dióxido de carbono com o aquecimento global e a crise climática, citando seus desdobramentos, como as enchentes no Rio Grande do Sul e as extensas queimadas que ocorreram em 2024, dentre outros exemplos.

© DALCIO

Figura 24. A exemplo do autor dessa charge, muitos artistas contribuem, por meio de manifestações artísticas, para a reflexão acerca de questões ambientais, o que ajuda a combater o negacionismo climático.

Novamente divididos em grupos, realizem as atividades.

3. Que atitudes individuais são importantes para combater a desinformação sobre questões climáticas? Por que essas ações são relevantes? Como, a partir de reflexões e contribuições individuais (Fig. 24), os cidadãos podem se mobilizar coletivamente em favor de mudanças urgentes referentes às mudanças climáticas?
4. Na opinião do grupo, o negacionismo climático pode se transformar em bandeira política durante disputas eleitorais nos diversos países? Por quê?
5. Considerando o método científico (Capítulo 1), podemos afirmar que uma opinião é suficiente para refutar um estudo científico? Por quê?
6. Em discussões polêmicas, a imprensa costuma dar espaço para debatedores com opiniões opostas. Na opinião do grupo, ao apresentar resultados científicos amplamente aceitos sobre mudanças climáticas, é necessário dar oportunidade de manifestação aos negacionistas? Por quê?

Em 2023, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) – criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) – concluiu um resumo do sexto relatório da entidade sobre mudanças climáticas. Se houver conexão com a internet, uma sugestão é o acesso, a leitura e a interpretação de trechos da tradução dessa publicação. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2023_Portugues.pdf. Acesso em: 19 out. 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Entalpia-padrão de formação

Outra grandeza bastante relevante para realizar previsões termoquímicas é a (**variação de**) **entalpia-padrão de formação** de uma substância (Tabela 2), representada por $\Delta_f H^\ominus$ e conceituada como o $\Delta H^\ominus$ para a reação de formação de 1 mol dessa substância exclusivamente a partir de reagentes que sejam substâncias simples, todas no estado-padrão, na fase (sólida, líquida ou gasosa) mais estável nessas condições e na variedade alotrópica adotada como referência.

As variedades alotrópicas de referência para os elementos químicos carbono, oxigênio, enxofre e fósforo são, respectivamente, grafite, gás oxigênio, enxofre rômbico e fósforo branco. Foi escolhida como referência a variedade alotrópica mais estável no estado-padrão, exceto no caso do elemento químico fósforo, porque o fósforo branco, $P_4(s)$, apesar de menos estável que o fósforo vermelho, P (verm.), é a variedade alotrópica mais reprodutível em laboratório.

Dentro dessas considerações, seguem alguns exemplos de reações de formação de algumas substâncias (os valores de $\Delta_f H^\ominus$ foram obtidos na Tabela 2):

$$2\,C(\text{graf.}) + 3\,H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow \underset{\text{etanol}}{C_2H_5OH(l)} \qquad \Delta_f H^\ominus = -277{,}6\ \text{kJ/mol}$$

$$2\,C(\text{graf.}) + 2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow \underset{\text{ácido acético}}{CH_3COOH(l)} \qquad \Delta_f H^\ominus = -484{,}3\ \text{kJ/mol}$$

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow \underset{\text{água}}{H_2O(l)} \qquad \Delta_f H^\ominus = -285{,}8\ \text{kJ/mol}$$

Uma consequência da definição de entalpia-padrão de formação é que $\Delta_f H^\ominus$ é **nulo** para substâncias simples que estejam no estado-padrão, na fase mais estável nessas condições e na variedade alotrópica de referência.

A razão dessa nulidade é que, em processos como $H_2(g) \rightarrow H_2(g)$, C (graf.) → C (graf.) ou $O_2(g) \rightarrow O_2(g)$, não há reação química e, portanto, $\Delta_f H^\ominus$ é zero. Ao contrário, nas reações de formação de diamante ou de ozônio, por exemplo, o valor de $\Delta_f H^\ominus$ não é nulo porque, nesses casos, ocorre uma transformação química.

Dispondo de valores tabelados de $\Delta_f H^\ominus$ dos reagentes e produtos de uma reação, podemos determinar o $\Delta H^\ominus$ dessa reação. Para exemplificar, consideremos novamente a oxidação de etanol a ácido acético:

$$\underset{\text{etanol}}{C_2H_5OH(l)} + O_2(g) \rightarrow \underset{\text{ácido acético}}{CH_3COOH(l)} + H_2O(l) \qquad \Delta_r H^\ominus = ?$$

Invertendo a equação da formação do etanol (e trocando o sinal de seu $\Delta H^\ominus$) e somando-a com as equações de formação do ácido acético e da água:

$$C_2H_5OH(l) \rightarrow 2\,C(\text{graf.}) + 3\,H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \qquad \Delta_1 H^\ominus$$

$$2\,C(\text{graf.}) + 2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow CH_3COOH(l) \qquad \Delta_2 H^\ominus$$

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta_3 H^\ominus$$

$$(+)\quad C_2H_5OH(l) + O_2(g) \rightarrow CH_3COOH(l) + H_2O(l) \qquad \Delta_r H^\ominus$$

$$\Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus + \Delta_3 H^\ominus = (+277{,}6 - 484{,}3 - 285{,}8)\ \text{kJ/mol}$$

$$\boxed{\Delta_r H^\ominus = -492{,}5\ \text{kJ/mol}}$$ (Compare com o resultado obtido no item 3!)

A determinação de valores de $\Delta_f H^\ominus$ (Fig. 25) e seu tabelamento possibilitam calcular o $\Delta_r H^\ominus$ de reações, que também pode ser realizado por meio da seguinte expressão, que é uma generalização do raciocínio exposto anteriormente:

$$\Delta_r H^\ominus = \left[\sum \nu \cdot \Delta_f H^\ominus\right]_{\text{produtos}} - \left[\sum \nu \cdot \Delta_f H^\ominus\right]_{\text{reagentes}}$$

em que $\sum$ (letra grega *sigma* maiúscula) indica somatória e ν (letra grega *ni* minúscula) indica o coeficiente estequiométrico de cada participante.

Tabela 2. Entalpia-padrão de formação, $\Delta_f H^\ominus$, de algumas substâncias, a 25 °C e 100 kPa

Substância	$\Delta_f H^\ominus$ (kJ/mol)
$H_2(g)$	0,0
$H_2O(l)$	−285,8
C (grafite)	0,0
C (diamante)	+1,9
$CO(g)$	−110,5
$CO_2(g)$	−393,5
$CH_4(g)$ (metano)	−74,6
$C_2H_4O_2(l)$ (ácido acético)	−484,3
$C_2H_6O(l)$ (etanol)	−277,6
$N_2(g)$	0,0
$NH_3(g)$	−45,9
$NO(g)$	+91,3
$O_2(g)$	0,0
$O_3(g)$	+142,7
Al (s)	0,0
$Al_2O_3(s)$	−1.675,7
S (rômbico)	0,0
S (monoclínico)	+0,3
$P_4(s)$ (branco)	0,0
P (s) (vermelho)	−17,6
Fe (s)	0,0
FeO (s)	−272,0
$Fe_2O_3(s)$	−824,2

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 9. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 3-41.

RITA REED/STAR TRIBUNE/GETTY IMAGES

Figura 25. A química estadunidense Reatha Clark King (nascida em 1938, em foto de 1987) realizou diversas pesquisas em termoquímica, entre as quais a determinação de entalpias-padrão de formação de compostos do elemento químico flúor.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

25. A química estadunidense Reatha Clark King (Figura 25 deste capítulo) tornou-se mestra em Química aos 22 anos e doutora (Ph. D.) aos 25 anos, na área de termoquímica. Foi a primeira química afrodescendente a trabalhar no National Bureau of Standards (atual National Institute of Standards and Technology), no qual realizou pesquisas relevantes para o projeto espacial da Nasa, entre elas a determinação de entalpias-padrão de compostos de flúor, como o OF_2, extremamente oxidante e corrosivo.

O resultado experimental que Realtha determinou para a entalpia-padrão de formação do $OF_2(g)$, a 25 °C, é: $\Delta_f H^\ominus(OF_2(g)) = +24{,}5$ kJ/mol.

Proponha uma equação química que descreva corretamente o processo de formação referente a esse valor e represente-o em um diagrama de entalpia.

26. Uma das principais utilidades das entalpias-padrão de formação é a determinação do $\Delta_r H^\ominus$ de reações. Demonstre como usar os seguintes dados (a 25 °C):

$\Delta_f H^\ominus(PCl_3(l)) = -319{,}7$ kJ/mol;

$\Delta_f H^\ominus(PCl_5(s)) = -443{,}5$ kJ/mol;

$\Delta_f H^\ominus(PCl_5(g)) = -374{,}9$ kJ/mol; para determinar:

a. o $\Delta_r H^\ominus$ (a 25 °C) da reação cuja equação é $PCl_3(l) + Cl_2(g) \rightarrow PCl_5(s)$;

b. o $\Delta_{subl} H^\ominus$ (a 25 °C) da sublimação do pentacloreto de fósforo, $PCl_5(s) \rightarrow PCl_5(g)$.

27. A primeira das etapas da metabolização energética da glicose em nossas células é a **fosforilação da glicose**, na qual esse açúcar (que representaremos por Glc) é transformado em glicose-6-fosfato (Glc-6-P) por reação com ATP, que se converte em ADP. A reação consiste na transferência de um grupo fosfato do ATP para a glicose, e pode ser representada, de modo simplificado, por:

$$Glc(aq) + ATP(aq) \rightarrow Glc\text{-}6\text{-}P(aq) + ADP(aq)$$

Um bioquímico consultou, em um manual, os seguintes dados de entalpia de formação, referentes a 25 °C e ao estado-padrão adotado em Bioquímica:

$\Delta_f H^\ominus(Glc(aq)) = -1.267$ kJ/mol;

$\Delta_f H^\ominus(Glc\text{-}6\text{-}P(aq)) = -2.279$ kJ/mol;

$\Delta_f H^\ominus(ATP(aq)) = -2.982$ kJ/mol;

$\Delta_f H^\ominus(ADP(aq)) = -2.000$ kJ/mol.

Fonte: LUNDBLAD, R. L.; MACDONALD, F. M. (ed.). **Handbook of Biochemistry and Molecular Biology**. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. p. 564.

Explique como o bioquímico pode estimar, usando esses dados, a variação de entalpia da fosforilação da glicose ($\Delta_r H^\ominus$), realizada nas mesmas condições a que se referem os dados apresentados.

28. Uma estudante, que pretende cursar Engenharia Mecânica, leu que trilhos de trem trincados podem ser soldados usando a reação termite, cuja equação química (referente a 100 kPa e 25 °C) é:

$$Fe_2O_3(s) + 2\,Al(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2\,Fe(s).$$

O calor liberado funde o ferro e este, quando esfria e solidifica, mantém soldadas as partes.

Para verificar se poderia ser verdade, ela calculou o $\Delta_r H$ (por mol de reação), supôs que todo o calor fosse absorvido pelo ferro, e comparou com a energia necessária para aquecer o ferro de 25 °C até a temperatura de fusão (1.538 °C, a 100 kPa) e fundi-lo, que é 52 kJ/mol, segundo pesquisou. Reproduza os cálculos e conclua se é possível que a informação sobre a soldagem seja verdadeira.

29. A pirolusita é o minério de onde se extrai o manganês, metal incluído na composição do aço para aumentar sua resistência.

SERGBOB/ISTOCK/GETTY IMAGES

O aço contendo manganês é empregado, por exemplo, em máquinas de colheita, nos componentes que exigem alta resistência.

O principal componente da pirolusita é o MnO_2. Sendo conhecidos os seguintes valores de $\Delta_r H^\ominus$, determine a entalpia-padrão de formação do $MnO_2(s)$.

$4\,Al(s) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,Al_2O_3(s)$ $\quad \Delta_r H^\ominus = -3.351$ kJ/mol

$4\,Al(s) + 3\,MnO_2(s) \rightarrow 3\,Mn(s) + 2\,Al_2O_3(s)$ $\quad \Delta_r H^\ominus = -1.792$ kJ/mol

30. O sulfeto de carbono (CS_2) é um líquido incolor, muito volátil, tóxico e inflamável, empregado como solvente em laboratórios. Com base nos seguintes $\Delta_c H^\ominus$, preveja se a reação de formação do sulfeto de carbono líquido é endotérmica ou exotérmica. Justifique sua previsão.

$C(graf.) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta_c H^\ominus = -394$ kJ/mol

$S(rômb.) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ $\quad \Delta_c H^\ominus = -297$ kJ/mol

$CS_2(l) + 3\,O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2\,SO_2(g)$ $\quad \Delta_c H^\ominus = -1.072$ kJ/mol

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Conteúdo calórico, nutrição adequada e saúde

Faça de alimentos *in natura* ou minimamente processados a base de sua alimentação

Alimentos *in natura* ou minimamente processados, em grande variedade e predominantemente de origem vegetal, são a base de uma alimentação nutricionalmente balanceada, saborosa, culturalmente apropriada e promotora de um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável.

Utilize óleos, gorduras, sal e açúcar em pequenas quantidades ao temperar e cozinhar alimentos e criar preparações culinárias

Desde que utilizados com moderação em preparações culinárias com base em alimentos *in natura* ou minimamente processados, óleos, gorduras, sal e açúcar contribuem para diversificar e tornar mais saborosa a alimentação sem torná-la nutricionalmente desbalanceada.

Limite o uso de alimentos processados, consumindo-os, em pequenas quantidades, como ingredientes de preparações culinárias ou como parte de refeições baseadas em alimentos *in natura* ou minimamente processados

Os ingredientes e métodos usados na fabricação de alimentos processados – como conservas de legumes, compotas de frutas, queijos e pães – alteram de modo desfavorável a composição nutricional dos alimentos dos quais derivam.

Evite alimentos ultraprocessados

Devido a seus ingredientes, alimentos ultraprocessados – como biscoitos recheados, "salgadinhos de pacote", refrigerantes e "macarrão instantâneo" – são nutricionalmente desbalanceados. Por conta de sua formulação e apresentação, tendem a ser consumidos em excesso e a substituir alimentos *in natura* ou minimamente processados. Suas formas de produção, distribuição, comercialização e consumo afetam de modo desfavorável a cultura, a vida social e o meio ambiente.

A regra de ouro. Prefira sempre alimentos in natura ou minimamente processados e preparações culinárias a alimentos ultraprocessados

Opte por água, leite e frutas no lugar de refrigerantes, bebidas lácteas e biscoitos recheados; não troque a "comida feita na hora" (caldos, sopas, saladas, molhos, arroz e feijão, macarronada, refogados de legumes e verduras, farofas, tortas) por produtos que dispensam preparação culinária ("sopas de pacote", "macarrão instantâneo", pratos congelados prontos para aquecer, sanduíches, frios e embutidos, maioneses e molhos industrializados, misturas prontas para tortas) e fique com sobremesas caseiras, dispensando as industrializadas.

Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014. p. 49-50.

Muitas indústrias, na tentativa de medicalizar a alimentação, enfatizam possíveis benefícios que os multivitamínicos podem oferecer à saúde, o que leva muitas pessoas a investirem nesses suplementos. Entretanto, nos alimentos *in natura* e minimamente processados já estão disponíveis as vitaminas e os minerais que precisamos para uma alimentação saudável, e a necessidade de suplementação deve ser criteriosamente avaliada por médico ou nutricionista, observando a dose indicada, o modo e o tempo de uso.

Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. **Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição**: material de apoio para profissionais de saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. p. 24-25.

Os esteroides anabolizantes são drogas que têm como função principal a reposição de testosterona [...]. Efeitos adversos: tremores, acne severa, retenção de líquidos, dores nas juntas, aumento da pressão sanguínea, tumores no fígado e pâncreas, alterações nos níveis de coagulação sanguínea e de colesterol, aumento da agressividade, que pode resultar em comportamentos violentos, às vezes, de consequências trágicas.

Há também os efeitos crônicos causados pelo consumo indevido desses produtos. Em homens: redução na quantidade de esperma, calvície, crescimento irreversível das mamas (ginecomastia), impotência sexual. Em mulheres: engrossamento da voz, crescimento de pelos no rosto e no corpo, redução dos seios, irregularidade ou interrupção das menstruações. [...]

Prevenção ao uso: Usar [esteroides] anabolizantes para fins estéticos ou para aumentar o rendimento esportivo é proibido, além de ser um grande risco para a saúde. São medicamentos sob controle especial e só podem ser vendidos em farmácias e drogarias, com retenção da receita médica, de acordo com a legislação.

Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. **Biblioteca virtual em saúde:** anabolizantes. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/anabolizantes/. Acesso em: 19 out. 2024.

Em equipes, pesquisem, em fontes confiáveis de informação, **argumentos** científicos que justifiquem as orientações expressas nesses textos do Ministério da Saúde.

Assuntos tratados neste capítulo ajudam a compreender o que é **conteúdo calórico** de nutrientes e de alimentos. Pesquisem esse conceito e quais alimentos devem ser consumidos com extrema moderação por apresentarem elevado conteúdo calórico e baixo valor nutricional.

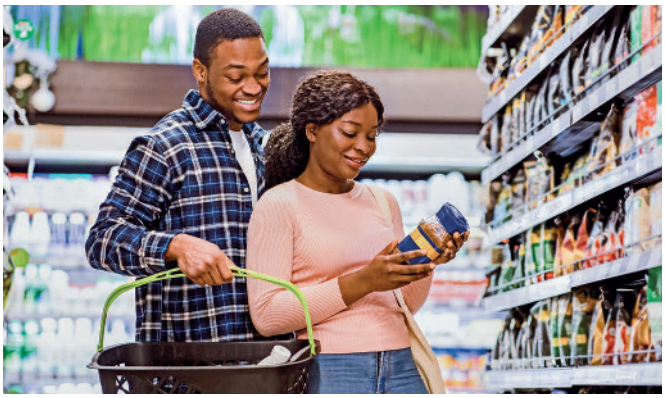
Considerando as informações obtidas e outras que julgarem relevantes, elaborem três vídeos dirigidos à população,

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

respectivamente, com **argumentos** e **propostas** que propiciem:

- alimentação saudável utilizando recursos que estão acessíveis;
- consumo responsável para reduzir quaisquer formas de desperdício;
- percepção de armadilhas existentes em certas propagandas de alimentos, refrigerantes, redes de *fast-food* e suplementos vitamínicos (Figura 26);
- conscientização sobre os riscos dos esteroides anabolizantes.

Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.



PROSTOCK-STUDIO/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 26. Todos os consumidores têm direito a mercadorias em estado adequado de conservação, bem embaladas, corretamente identificadas e dentro do prazo de validade. A propaganda de alimentos não pode conter informações falsas ou distorcidas.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque:

1. c

a. o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fosse isopor.

b. o barro tem poder de "gelar" a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.

c. o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.

d. o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.

e. a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.

2. (UFMG) Ao se sair molhado em local aberto, mesmo em dias quentes, sente-se uma sensação de frio. Esse fenômeno está relacionado com a evaporação da água que, no caso, está em contato com o corpo humano.

2. b

Essa sensação de frio explica-se **CORRETAMENTE** pelo fato de que a evaporação da água:

a. é um processo endotérmico e cede calor ao corpo.

b. é um processo endotérmico e retira calor do corpo.

c. é um processo exotérmico e cede calor ao corpo.

d. é um processo exotérmico e retira calor do corpo.

3. (UERJ) As unidades joule, kelvin, pascal e newton pertencem ao SI – Sistema Internacional de Unidades.

3. a

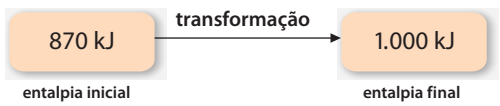
Dentre elas, aquela que expressa a magnitude do calor transferido de um corpo a outro é denominada:

a. joule **b.** kelvin **c.** pascal **d.** newton

4. Quando um mol de etanol (C_2H_6O, álcool etílico) passa da fase líquida para a fase gasosa, ocorre absorção de 43,5 kJ de calor. Represente esse processo por meio de uma equação acompanhada do respectivo valor de ΔH.

5. (Uece) Observe o esquema.

5. b



De acordo com o esquema apresentado, podemos dizer que esse processo deverá ser:

a. endotérmico, com $\Delta H = -1.870$ kJ.

b. endotérmico e absorver 130 kJ.

c. exotérmico e liberar 130 kJ.

d. exotérmico, com $\Delta H = +1.870$ kJ.

6. (UFRGS-RS) O selênio é um elemento que exibe alotropia, isto é, pode ser encontrado em mais de uma forma sólida diferente. A forma mais estável é o selênio cinza, mas esse elemento também pode ser encontrado como selênio e como selênio vítreo.

6. d

Sabendo que a entalpia de formação do selênio α é de 6,7 kJ mol^{-1}, e que a entalpia de formação do óxido de selênio gasoso é de 53,4 kJ mol^{-1}, a entalpia da reação

$$2\ Se\ (s, \alpha) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ SeO\ (g)$$

será:

a. –120,2 kJ · mol^{-1}

b. –60,1 kJ · mol^{-1}

c. 46,7 kJ · mol^{-1}

d. 93,4 kJ · mol^{-1}

e. 106,8 kJ · mol^{-1}

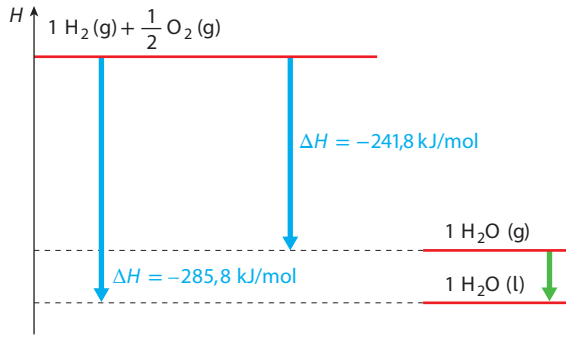
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

7. O calor liberado na condensação do vapor de água é, em parte, responsável pelo aquecimento da superfície da pele de uma pessoa que esteja dentro de uma sauna a vapor.

7. d

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



O calor liberado quando 1 mol de H_2O (g) se transforma em 1 mol de H_2O (l) (condensação) é, segundo o diagrama apresentado, em kJ:

a. 285,8.
b. 44.
c. 241,8.
d. −44.
e. −285,8.

8. (UFMG) A queima do metano na presença de oxigênio pode produzir duas substâncias distintas que contêm carbono:

8. a

- monóxido de carbono, produzido pela combustão incompleta do metano; e
- dióxido de carbono.

As equações químicas dessas reações são:

Reação I $\quad CH_4(g) + \frac{3}{2} O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g) + CO(g)$

Reação II $\quad CH_4(g) + 2\,O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g) + CO_2(g)$

Considerando-se essas reações, é CORRETO afirmar que:

a. ambas são exotérmicas e a quantidade de calor liberado em I é menor que em II.
b. ambas são endotérmicas e a quantidade de calor absorvido em I é menor que em II.
c. ambas são endotérmicas e a quantidade de calor absorvido em II é menor que em I.
d. ambas são exotérmicas e a quantidade de calor liberado em II é menor que em I.

9. (Fuvest-SP) Pode-se calcular a entalpia molar de vaporização do etanol a partir das entalpias das reações de combustão representadas por

9. a

$C_2H_5OH(l) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(l) \qquad \Delta_1 H$

$C_2H_5OH(g) + 3\,O_2(g) \rightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(g) \qquad \Delta_2 H$

Para isso, basta que se conheça, também, a entalpia molar de:

a. vaporização da água.
b. sublimação do dióxido de carbono.
c. formação da água líquida.
d. formação do etanol líquido.
e. formação do dióxido de carbono gasoso.

10. (Enem) Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é 1 cal · g^{-1} · $°C^{-1}$, e sua temperatura inicial era de 20 °C.

10. c

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)	
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

a. 25 **b.** 27 **c.** 45 **d.** 50 **e.** 70

11. (Enem) O etanol é um combustível renovável obtido da cana-de-açúcar e é menos poluente do que os combustíveis fósseis, como a gasolina e o *diesel*. O etanol tem densidade 0,8 g/cm^3, massa molar 46 g/mol e calor de combustão aproximado de −1.300 kJ/mol. Com o grande aumento da frota de veículos, tem sido incentivada a produção de carros bicombustíveis econômicos, que são capazes de render até 20 km/L em rodovias, para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos. O valor correspondente à energia consumida para que o motorista de um carro econômico, movido a álcool, percorra 400 km na condição de máximo rendimento é mais próximo de

11. b

a. 565 MJ. **b.** 452 MJ. **c.** 520 kJ. **d.** 390 kJ. **e.** 348 kJ.

12. (Enem) Glicólise é um processo que ocorre nas células, convertendo glicose em piruvato. Durante a prática de exercícios físicos que demandam grande quantidade de esforço, a glicose é completamente oxidada na presença de O_2. Entretanto, em alguns casos, as células musculares podem sofrer um déficit de O_2 e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido lático. As equações termoquímicas para a combustão da glicose e do ácido lático são, respectivamente, mostradas a seguir:

12. a

$C_6H_{12}O_6(s) + 6\,O_2(g) \rightarrow 6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l)$

$\Delta_c H = -2.800$ kJ

$CH_3CH(OH)COOH(s) + 3\,O_2(g) \rightarrow 3\,CO_2(g) + 3\,H_2O(l)$

$\Delta_c H = -1.344$ kJ

O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque

a. libera 112 kJ por mol de glicose.
b. libera 467 kJ por mol de glicose.
c. libera 2.688 kJ por mol de glicose.
d. absorve 1.344 kJ por mol de glicose.
e. absorve 2.800 kJ por mol de glicose.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 14

Cinética química

Sugestão de atividade complementar
No Suplemento para o professor, são recomendados experimentos que possibilitarão sondar concepções prévias.

GROUP4 STUDIO/GETTY IMAGES

Quais são as principais técnicas de conservação de alimentos? Em que princípios científicos elas se fundamentam? Que relação essas técnicas têm com a rapidez das reações químicas? (Na fotografia, alimentos sendo submetidos à técnica da refrigeração.)

A deterioração dos alimentos deve-se, entre outros fatores, à atuação de enzimas do próprio alimento ou provenientes de microrganismos que eventualmente o tenham contaminado. As enzimas são substâncias produzidas por seres vivos e que atuam como catalisadores, aumentando a rapidez de reações químicas.

Embora a deterioração dos alimentos seja inevitável, existem técnicas que possibilitam armazená-los por determinado período de tempo sem prejuízo da qualidade. Neste capítulo, estudaremos uma área denominada **cinética química**. Abordaremos o que é um catalisador e conheceremos conceitos que possibilitam entender como funcionam algumas técnicas de conservação de alimentos.

Ao estudar estequiometria (Capítulo 11) e termoquímica (Capítulo 13), aplicamos os princípios dessas áreas a diversas reações químicas. Contudo, em todos os casos, nossa atenção estava focada apenas em reagentes e produtos. Na cinética química, o foco se estenderá aos eventos em escala atômico-molecular que se desenrolam **durante** a ocorrência da reação química.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Rapidez média (consumo/formação)

Alimentos preparados estragam mais lentamente sob refrigeração. Medicamentos podem se decompor mais rápido se guardados inapropriadamente em local quente. A deterioração de certos alimentos embalados é relativamente lenta enquanto a embalagem está fechada, mas é acelerada após abri-la e expor o alimento ao ar. Fatos como esses sugerem que reações químicas podem ocorrer com rapidez diferente, dependendo das condições.

Sob quais circunstâncias uma reação química de relevância para produzir substâncias de interesse pode tornar-se rápida o suficiente para ter um aproveitamento prático? E sob que condições uma reação química não desejada (por exemplo, a decomposição de fármacos e a deterioração de alimentos) pode ter sua rapidez reduzida a ponto de não oferecer risco?

Neste capítulo, abordaremos os princípios da **cinética química**, ramo que estuda a rapidez das reações químicas e os fatores que a influenciam.

Pesquisas envolvendo cinética química são importantes em várias áreas da Ciência e da tecnologia. Por exemplo, a engenheira química estadunidense Frances Hamilton Arnold (nascida em 1956) (Fig. 1) atua na área de Engenharia aplicada à Bioquímica. Em suas pesquisas, utiliza conceitos de mecanismos de reação e de estrutura de proteínas para desenvolver métodos que aumentem a rapidez de reações bioquímicas de interesse prático em aplicações específicas. Por seus trabalhos, Arnold recebeu o Prêmio Nobel de Química em 2018.

CHRISTINE OLSSON/AFP/GETTY IMAGES

Figura 1. A estadunidense Frances Hamilton Arnold. A foto foi tirada durante palestra da pesquisadora na Universidade de Estocolmo, na semana em que recebeu o Prêmio Nobel de Química de 2018.

Como ponto inicial, vamos discutir como quantificar a rapidez de um processo químico. Para isso, utilizaremos como exemplo dados numéricos referentes a um experimento em que amônia gasosa, $NH_3(g)$, confinada em recipiente rígido (volume constante) com concentração inicial 8,0 mol/L, decompõe-se com o passar do tempo segundo a reação química assim equacionada:

$$2\,NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3\,H_2(g)$$

Suponha que, usando métodos apropriados para monitorar a concentração de amônia em função do tempo, tenham sido obtidos os dados do Quadro 1, em que a simbologia $[NH_3]$ indica a concentração da amônia em mol/L, sendo equivalente à representação $\mathcal{M}(NH_3)$.

Quadro 1. Dados referentes à decomposição da amônia gasosa

$[NH_3]$ (mol/L)	8,0	4,0	2,0	1,0
Tempo (h)	0	1,0	2,0	3,0

Fonte: elaborado com dados hipotéticos consistentes com a cinética de decomposição da amônia em condições experimentais adequadas.

A cinética considerada é de primeira ordem, conforme SCHUTH, F. *et al*. Ammonia as a possible element in an energy infrastructure: catalysts for ammonia decomposition. **Energy Environmental Science**, [*S. l.*], v. 5, p. 6278-6289, 2012.

Rapidez (ou **velocidade**) **de** uma **reação química** é a grandeza que indica como as quantidades de reagente(s) e produto(s) dessa reação variam com o passar do tempo. Essa grandeza (que é escalar, não vetorial) é tradicionalmente chamada **velocidade de reação**, mas, a fim de evitar a confusão com o conceito de velocidade vetorial usado em Física, alguns autores preferem denominá-la **rapidez de reação**. Neste livro, ambos os nomes – rapidez e velocidade – serão utilizados. O importante é perceber que eles se referem à variação temporal (isto é, em função do tempo) das quantidades de reagente(s) e produto(s).

Calcula-se a **rapidez** (**velocidade**) **média** (v_m) **de consumo** de um reagente dividindo o módulo da variação da concentração desse reagente pelo intervalo de tempo em que essa variação ocorreu. Assim, usando dados do Quadro 1, temos:

$$\text{de 0 h a 1 h: } v_m(NH_3) = \frac{|4{,}0 - 8{,}0|\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1{,}0 - 0)\ \text{h}} = 4{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

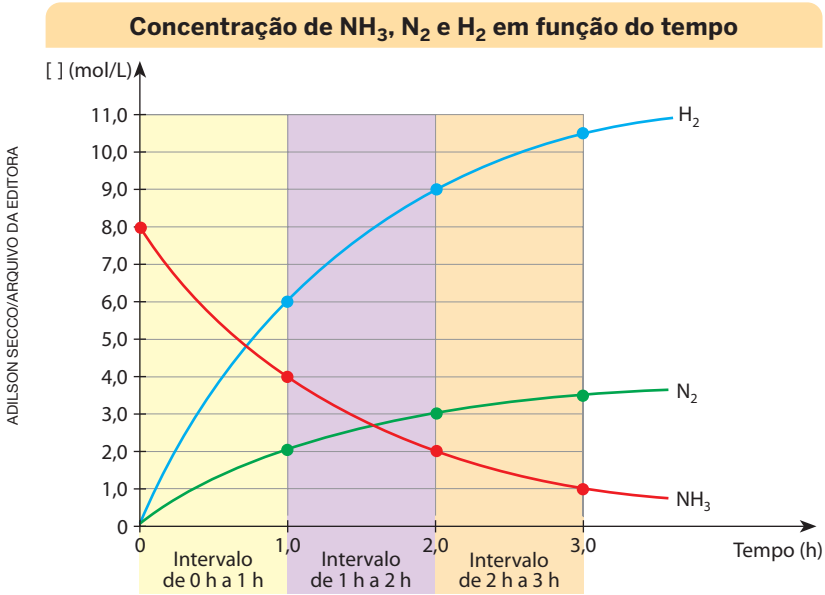
$$\text{de 1 h a 2 h: } v_m(NH_3) = \frac{|2{,}0 - 4{,}0|\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(2{,}0 - 1{,}0)\ \text{h}} = 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{de 2 h a 3 h: } v_m(NH_3) = \frac{|1{,}0 - 2{,}0|\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(3{,}0 - 2{,}0)\ \text{h}} = 1{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

O uso do módulo deve-se ao fato de que, em cinética química, não há interesse em valores negativos de velocidade. A unidade $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ pode ser encarada como "mol por litro por hora", ou seja, essa unidade expressa quanto a concentração, em mol/L, varia, em média, no transcorrer de uma hora.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Na Figura 2, a curva decrescente refere-se ao consumo da amônia e os pontos nela destacados correspondem aos valores do Quadro 1. As duas curvas crescentes indicam o aumento da concentração dos produtos, $N_2(g)$ e $H_2(g)$, em função do tempo.



Fonte: elaborado com base nos dados do Quadro 1.

Figura 2. Representação gráfica das concentrações (em mol/L) de reagente e produtos da reação usada como exemplo no item 1.

Com dados obtidos na Figura 2, podemos calcular a **rapidez** (**velocidade**) **média** (v_m) **de formação** de cada produto dividindo a variação da concentração desse produto pelo intervalo de tempo em que ocorreu. Por exemplo, de 0 h a 1 h:

$$v_m(N_2) = \frac{(2{,}0 - 0)\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1{,}0 - 0)\ \text{h}} = 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m(H_2) = \frac{(6{,}0 - 0)\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1{,}0 - 0)\ \text{h}} = 6{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

Nesse caso, por se tratar de produtos, não há necessidade do módulo, pois as variações das concentrações são positivas.

De modo geral, a rapidez (velocidade) média de consumo de reagente ou de formação de produto é calculada (Fig. 3) dividindo a variação de concentração ($\Delta[\ ]$), de quantidade em mols (Δn), de massa (Δm) ou, também, caso se trate de substância em fase gasosa, de volume (ΔV) pelo intervalo de tempo (Δt), aplicando-se módulo no numerador para que o resultado seja sempre positivo. A unidade de rapidez é composta pelas respectivas unidades de numerador e denominador, resultando, por exemplo, $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, $\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$ ou $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$.

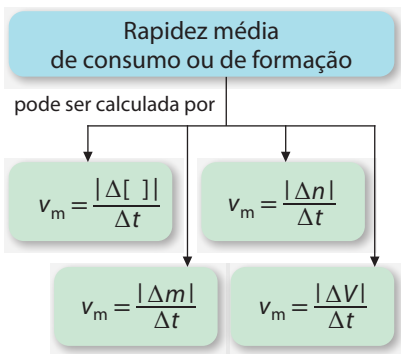


Figura 3. Uma possível esquematização de diferentes modos de calcular velocidades médias de consumo e de formação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

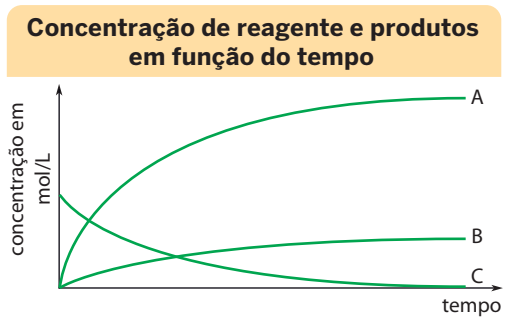
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Utilizando os dados do gráfico da Figura 2 deste capítulo, determine, para o intervalo de tempo de 1 h a 2 h, a rapidez média de consumo de NH_3, de formação de N_2 e de formação de H_2. A seguir, compare a proporção matemática entre os três resultados com a proporção entre os coeficientes estequiométricos da equação química da decomposição da amônia. Que conclusão pode ser tirada? Essa conclusão valeria se os cálculos de rapidez tivessem sido realizados para o intervalo de tempo de 2 h a 3 h? Explique.

2. O gráfico a seguir se refere às concentrações de reagente e produtos da reação, em fase gasosa, equacionada como: $2\,N_2O_5(g) \rightarrow 4\,NO_2(g) + O_2(g)$.

Associe as curvas A, B e C com as substâncias N_2O_5, NO_2 e O_2, explicando o raciocínio usado.



CONTINUA

CONTINUAÇÃO

3. O *airbag* é um dispositivo de segurança que, por determinação do Código de Trânsito Brasileiro e normatização do Conselho Nacional de Trânsito (Contran), é obrigatório como item de série nas posições frontais de motorista e passageiro dianteiro em todos os veículos novos comercializados no Brasil. Esse dispositivo contém uma bolsa que, em caso de colisão, é rapidamente inflada com gás nitrogênio (N_2) produzido em uma reação química apropriada.

FSTOP IMAGES/CASPAR BENSON/GETTY IMAGES

Airbag inflado em teste de segurança com veículo.

a. O tempo necessário para que certo *airbag* seja completamente inflado, atingindo volume final de 54 L, é de um vigésimo de segundo. Determine a rapidez média de produção de gás N_2, em L/s.

b. Nas condições de pressão e temperatura em que esse *airbag* é inflado, o volume molar de gás ideal é 20 L/mol. Admitindo que o N_2 tenha comportamento ideal nessas condições, qual é a quantidade (em mol) produzida de N_2?

c. Utilize o resultado anterior para estimar a rapidez de formação do gás N_2, em mol/s.

d. A equação da reação que produz N_2 para inflar um *airbag* é: $2\,NaN_3\,(s) \rightarrow 2\,Na\,(s) + 3\,N_2\,(g)$. Qual é a quantidade (em mol) consumida de NaN_3 (azida de sódio ou azoteto de sódio)?

e. Com base no resultado anterior, determine a rapidez média de consumo de NaN_3, em mol/s.

f. Empregando dados apresentados nesta atividade e outros obtidos na tabela periódica, faça uma estimativa da massa de NaN_3 que o fabricante coloca dentro do *airbag* mencionado.

4. Considere a reação química assim equacionada:

$$2\,N_2O_5\,(g) \rightarrow 4\,NO_2\,(g) + O_2\,(g)$$

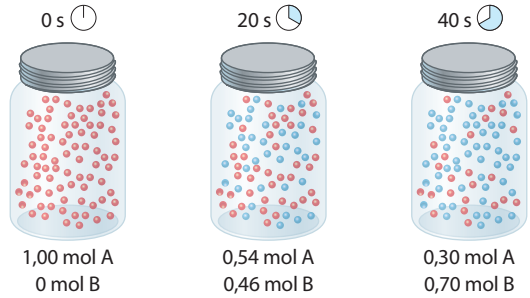
Sabendo que, em um certo intervalo de tempo, a velocidade de consumo de N_2O_5 é 0,10 mol/s, determine, para o mesmo intervalo de tempo:

a. a rapidez média de produção de NO_2;

b. a rapidez média de produção de O_2.

5. Ao realizar a reação química cujo produto é a água e cujos reagentes são os gases hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2), verificou-se que a rapidez de consumo de oxigênio foi de 4 mol/min. Determine a rapidez de consumo de hidrogênio.

6. (PUC-RJ) Considere a reação de decomposição da subs-
6. b tância A na substância B e as espécies a cada momento segundo o tempo indicado.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação esquemática e fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Sobre a velocidade dessa reação, é correto afirmar que a velocidade de:

a. decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 0 s a 20 s, é 0,46 mol · s^{-1}.

b. decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 20 s a 40 s, é 0,012 mol · s^{-1}.

c. decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 0 s a 40 s, é 0,035 mol · s^{-1}.

d. formação da substância B, no intervalo de tempo de 0 s a 20 s, é 0,46 mol · s^{-1}.

e. formação da substância B, no intervalo de tempo de 0 s a 40 s, é 0,70 mol · s^{-1}.

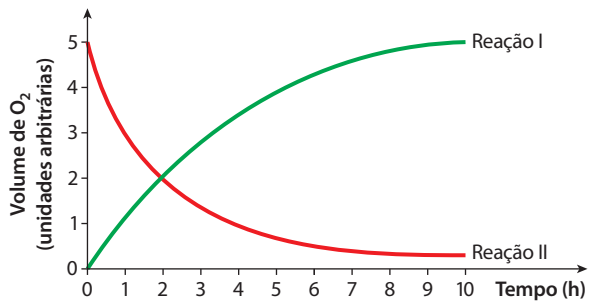
7. (Uneb-BA) A amônia é produzida industrialmente a partir
7. c do gás nitrogênio (N_2) e do gás hidrogênio (H_2), segundo a equação

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightarrow 2\,NH_3\,(g)$$

Em um determinado experimento, a velocidade média de consumo de gás hidrogênio foi de 120 gramas por minuto. A velocidade de formação do gás amônia, nesse experimento, expressa em mols por minuto, será de:
(**Dado**: massa molar do $H_2 = 2{,}0$ g · mol^{-1}.)

a. 10. **b.** 20. **c.** 40. **d.** 50. **e.** 60.

8. (Unicamp-SP) Numa reação que ocorre em solução (reação I), há o desprendimento de oxigênio e a sua velocidade pode ser medida pelo volume do O_2 (g) desprendido. Uma outra reação (reação II) ocorre nas mesmas condições, porém consumindo O_2 (g) e este consumo mede a velocidade desta reação. O gráfico representa os resultados referentes às duas reações (temperatura e pressão constantes):



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Considerando as duas horas iniciais, qual das reações tem velocidade maior? Justifique sua resposta.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Concentração e rapidez de reação

No item anterior, calculamos a velocidade média de consumo da amônia em diferentes intervalos de tempo e os resultados evidenciaram que, com o passar do tempo, essa velocidade diminui. Ocorre que, com o passar do tempo, a concentração da amônia também diminui, o que sugere que a velocidade da reação está relacionada com a concentração do reagente.

Fundamentados em muitas evidências desse tipo, os químicos concluíram que a rapidez das reações químicas depende da concentração dos reagentes (Fig. 4). Como explicar essa dependência?

HABOVKA/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 4. O oxigênio (O_2) do ar é um dos responsáveis pela deterioração do suco da laranja. Dentro de uma laranja intacta a concentração de O_2 é muito baixa, e o suco dura alguns dias. No suco obtido espremendo-se a laranja, passa a haver uma concentração bem maior de O_2, e ele estraga muito mais rapidamente.

Para que uma reação química ocorra, é necessário que haja colisão entre moléculas dos reagentes. Considere, por exemplo, a reação assim equacionada:

$$O_3\,(g) + NO\,(g) \rightarrow O_2\,(g) + NO_2\,(g)$$

Em cada colisão de uma molécula de O_3 com uma de NO que resulte efetivamente na formação de moléculas de O_2 e NO_2, a ligação entre dois átomos de oxigênio é rompida e, simultaneamente, é formada uma ligação entre um átomo de oxigênio e um de nitrogênio (Fig. 5).

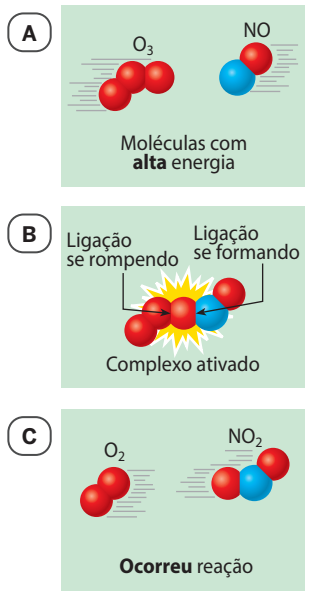
A espécie química existente no momento da colisão, que dura cerca de um trilionésimo de segundo (1 ps = 1 picossegundo = 10^{-12} s), na qual a ligação covalente OO está parcialmente quebrada e a ligação covalente ON está parcialmente formada, é denominada **complexo ativado** ou **estado de transição**.

As moléculas movimentam-se continuamente e colidem frequentemente umas com as outras. Isso explica o efeito da concentração sobre a rapidez de reação, pois, quanto **maior** for a **concentração dos reagentes** (mais moléculas por unidade de volume), **maior** será a **frequência de colisões** intermoleculares e mais rápida será a transformação de reagentes em produtos.

Contudo, nem todas as colisões entre moléculas de reagentes formam produtos. Se os reagentes $O_3\,(g)$ e $NO\,(g)$ estiverem a 25 °C e 1 atm, estima-se que cada molécula colida cerca de 1 bilhão de vezes por segundo com outras moléculas. O tempo entre duas colisões é cerca de um bilionésimo de segundo (1 ns = 1 nanossegundo = 10^{-9} s). Se todas as colisões resultassem em produtos, os reagentes seriam totalmente consumidos em fração de segundo e a rapidez da reação seria espantosamente elevada. No entanto, verifica-se experimentalmente que essa reação não possui velocidade tão elevada, o que sugere que nem todo choque entre moléculas de reagentes é uma **colisão eficaz** (ou **efetiva**), aquela que conduz à formação de produto.

Só são eficazes as colisões que ocorrem com moléculas em **posição relativa favorável** à ruptura e à simultânea formação de ligações. Se as moléculas colidirem em posições desfavoráveis (Fig. 6), não haverá formação de moléculas de produtos.

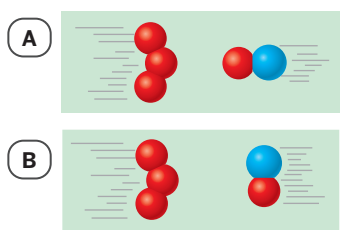
Além disso, só são eficazes as colisões que ocorrem com energia cinética (energia associada ao estado de movimento de um corpo) suficientemente elevada, pois, caso contrário, a repulsão entre os elétrons dessas moléculas fará



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GILBERT, T. R. *et al.* **Chemistry**; an Atoms-Focused Approach. 3. ed. Nova York: Norton, 2020. p. 621-622.

Figura 5. Esquema de **colisão eficaz** na reação entre $O_3\,(g)$ e $NO\,(g)$: (A) moléculas de reagentes se aproximando; (B) complexo ativado; (C) moléculas de produtos se afastando. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: *Idem.*

Figura 6. Exemplos de colisões em posições relativas **não** favoráveis a uma colisão eficaz. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

com que elas retornem antes de se aproximarem o bastante para atingir a situação de complexo ativado. Essa colisão com energia cinética insuficiente é apenas um choque elástico (do tipo bate e volta) entre as moléculas, **não** sendo uma colisão eficaz (Fig. 7).

Então, para que uma colisão entre moléculas de reagentes seja eficaz, é necessário que ela ocorra com posição relativa favorável e energia suficiente, como aquela esquematicamente representada na Figura 5.

A energia cinética mínima que as moléculas reagentes devem ter para que uma colisão entre elas (em posição relativa favorável) seja eficaz é uma grandeza denominada **energia de ativação** (E_a) da reação, geralmente expressa em kJ/mol. Para a reação em questão, a energia de ativação é 10,5 kJ/mol. Nesse contexto, entende-se que "por mol" refere-se a 1 mol de colisões eficazes.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: *Idem*.

Figura 7. Esquema de colisão **não** eficaz devido à energia cinética insuficiente. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

9. Considere a corrosão do zinco pelo ácido clorídrico em solução aquosa: 9. a

$$Zn\,(s) + 2\,HCl\,(aq) \rightarrow H_2\,(g) + ZnCl_2\,(aq)$$

Em uma mesma temperatura, qual das seguintes soluções corroerá mais rapidamente uma amostra de zinco metálico?

a. HCl (aq) 1,0 mol/L
b. HCl (aq) 0,5 mol/L
c. HCl (aq) 0,1 mol/L
d. HCl (aq) 0,05 mol/L
e. HCl (aq) 0,01 mol/L

10. Os incêndios nas matas se propagam com maior rapidez quando está ventando. Proponha uma explicação para isso, utilizando conceitos referentes ao efeito da concentração sobre a rapidez de uma reação química.

11. Quando se abana carvão em brasa que está dentro de uma churrasqueira, ele se torna mais incandescente. Explique por que e estabeleça uma relação entre essa observação e a da atividade anterior.

FRANCISCO AMARAL LEITAO/ SHUTTERSTOCK

Carvão em brasa no interior de uma churrasqueira.

3. Temperatura e rapidez de reação

A energia de ativação (E_a), que conceituamos no item anterior, é uma característica da reação que **não** depende de fatores como concentração dos reagentes e pressão. Além disso, para a maioria das reações, ela pode ser considerada independente da temperatura.

Émilie du Châtelet (1706-1749) (Fig. 8) foi escritora, filósofa, física e matemática. A ela é atribuída a primeira abordagem de que a **energia cinética** de um corpo é proporcional à sua massa e ao quadrado de sua velocidade. Sua formulação fundamentou-se em ideias do alemão Gottfried Leibniz (1646-1716) e em observações do holandês Willem Gravesande (1688-1742). De nome completo Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, tinha o título de marquesa de Châtelet-Laumont. Traduziu para o francês a obra *Principia Mathematica*, do inglês Isaac Newton (1643-1727), incluindo suas notas pessoais, inclusive a noção de conservação de energia, que ela deduziu da obra. Ainda hoje, sua tradução permanece como a de referência no idioma francês.

MAURICE QUENTIN DE LA TOUR. FOTO: BRIDGEMAN/ FOTOARENA - COLEÇÃO PARTICULAR

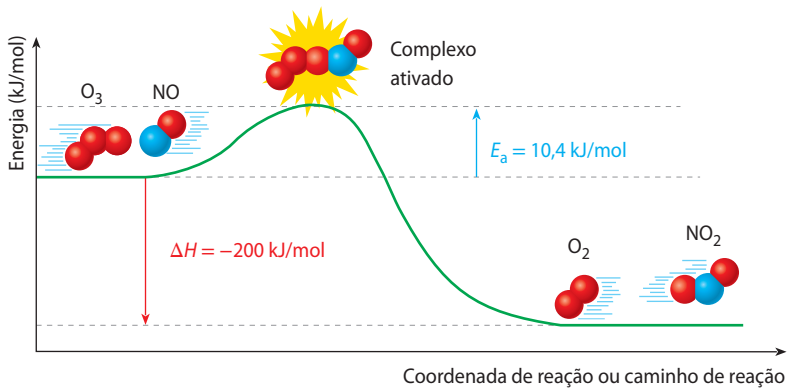
Figura 8. A francesa Émilie du Châtelet, retratada em óleo sobre tela do século XVIII.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fundamentados na ideia de que a energia cinética de um corpo depende de sua massa e de sua velocidade ao quadrado, podemos compreender o conceito de energia de ativação. Em uma amostra de O_3 (g) e NO (g), existem desde moléculas com velocidade muito reduzida (e energia cinética baixa) até outras com velocidade muito alta (e energia cinética extremamente elevada). A energia cinética média das moléculas está associada à temperatura da amostra. Um aquecimento aumenta a energia média porque aumenta de modo generalizado a energia das moléculas da amostra. Após o aquecimento continuará a haver, contudo, moléculas mais lentas e outras mais rápidas.

Um **aquecimento aumenta a energia cinética das moléculas** dos reagentes, mas **não afeta a energia de ativação**, sendo esta um parâmetro característico da reação: nenhuma colisão de moléculas de reagentes com energia abaixo de E_a será eficaz. A energia de ativação indica que há uma espécie de barreira energética a ser transposta para que reagentes se transformem em produtos. Os cientistas representam graficamente essa barreira conforme está exemplificado na Figura 9 para a reação entre O_3 (g) e NO (g). Nessa figura, tem-se a representação gráfica da energia em função da coordenada de reação, que é a sequência temporal de eventos na colisão eficaz: moléculas de reagentes, complexo ativado, moléculas de produtos. Os modelos moleculares de reagentes, complexo ativado e produtos foram inseridos para indicar os trechos da curva que a eles correspondem. Perceba que, além da energia de ativação da reação, o gráfico também indica sua variação de entalpia.

Energia em função da coordenada de reação



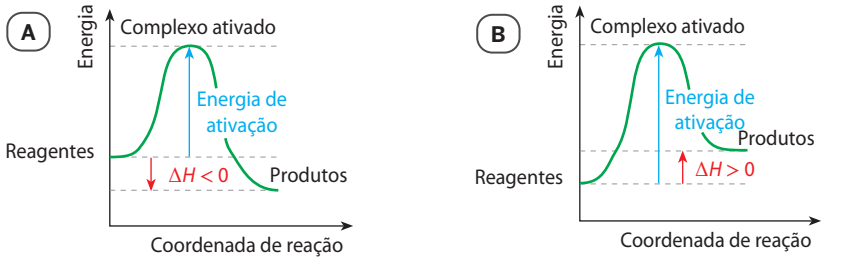
ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: GILBERT, T. R. *et al*. **Chemistry**; an Atoms-Focused Approach. 3. ed. Nova York: Norton, 2020. p. 622.

Figura 9. Representação gráfica da energia em função da coordenada de reação para a reação entre O_3 (g) e NO (g). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

De modo geral, a Figura 10.A representa o perfil energético de uma reação exotérmica e a Figura 10.B, o perfil energético de uma reação endotérmica.

Reação exotérmica **Reação endotérmica**



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: OVERBY, J.; CHANG, R. **Chemistry**. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2022. *E-book*.

Figura 10. Representação gráfica genérica da energia em função da coordenada de reação para reação (A) exotérmica e (B) endotérmica.

Fundamentados nessa discussão, podemos explicar a constatação experimental de que as reações químicas tendem a apresentar **maior rapidez** quanto **maior for a temperatura**. Quanto maior for a temperatura, maior a fração de moléculas dos reagentes com energia cinética igual ou superior à energia de ativação. Assim, um **aquecimento aumenta a frequência de colisões eficazes** porque torna-se maior a

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

probabilidade de que as moléculas de reagentes que colidem o façam com energia cinética suficientemente alta para atingirem a situação de complexo ativado e formarem produtos (Figuras 11 e 12).

HYRMA/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 11. O leite gelado estraga muito mais devagar que o leite à temperatura ambiente. Esse é um exemplo clássico do fato de as reações químicas apresentarem maior velocidade com o aumento de temperatura.

ILYAST/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 12. Alimentos no *freezer* (–18 °C) duram ainda mais tempo do que na geladeira (5 °C).

Também podemos dizer que reações químicas com baixa energia de ativação tendem a ser rápidas e ocorrer à temperatura ambiente, pois é grande a fração das moléculas reagentes que, nessas condições, têm energia igual ou superior à de ativação. Já reações com alta energia de ativação são lentas ou até mesmo não acontecem à temperatura ambiente, ocorrendo apenas em temperaturas muito elevadas.

Algumas reações químicas podem ter sua rapidez muito aumentada pela ação de uma faísca elétrica ou pela presença de uma chama. Um exemplo é a combustão dos vapores de gasolina, que podem estar misturados com o gás oxigênio (O_2) do ar sem que nada aconteça. Contudo, uma chama ou faísca elétrica é o bastante para causar uma explosão (Fig. 13).

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 13. A presença deste sinal em postos de gasolina se justifica pelo fato de os vapores de gasolina se inflamarem com facilidade.

Nesse caso, a chama ou a faísca elétrica fornece energia para que algumas moléculas reajam, formando produtos e liberando muita energia, pois a reação é altamente exotérmica. Essa energia possibilita que outras moléculas também reajam, transformando-se em produtos e liberando ainda mais energia. Assim, em casos como esse, uma faísca elétrica ou uma chama iniciam uma reação que continuará acontecendo mesmo se retirarmos o fator que a iniciou (Fig. 14).

OSWALDO FORTE/FOTOARENA

Figura 14. Incêndios se alastram com relativa facilidade porque a energia liberada na reação de combustão (que é exotérmica) faz com que as moléculas que ainda não reagiram tenham aumento de energia cinética e possam, assim, vencer a barreira energética que separa reagentes de produtos. (Bombeiros combatem um incêndio em Belém, PA, 2023.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

12. (Unifor-CE) Para que a reação representada por
12. a

$$AB + CD \rightarrow AC + BD$$

possa ocorrer:

- as moléculas AB devem colidir com as moléculas CD;
- as moléculas que colidem devem possuir um mínimo de energia necessária à reação;
- as colisões moleculares efetivas devem ocorrer com-moléculas convenientemente orientadas.

Dentre as orientações a seguir, no momento da colisão, a que deve favorecer a reação em questão é:

a. A C / B D

b. A D / B C

c. A / B C—D

d. A—B C—D

e. A—B D—C

DEYANGEORGIEV/ISTOCK/GETTY IMAGES

Um palito de fósforo se acende ao ser atritado com a lixa existente na caixa. Esse é o tema da atividade 13.

13. (UFMG) Um palito de fósforo não se acende, espontaneamente, enquanto está guardado, mas basta ligeiro atrito com uma superfície áspera para que ele, imediatamente, entre em combustão, com emissão de luz e calor.
13. d

Considerando-se essas observações, é correto afirmar que a reação:

a. é endotérmica e tem energia de ativação maior que a energia fornecida pelo atrito.

b. é endotérmica e tem energia de ativação menor que a energia fornecida pelo atrito.

c. é exotérmica e tem energia de ativação maior que a energia fornecida pelo atrito.

d. é exotérmica e tem energia de ativação menor que a energia fornecida pelo atrito.

14. Duas amostras iguais de um medicamento em pó efervescente são jogadas em duas amostras de mesmo volume de água, uma delas morna, a outra gelada.

a. Em qual caso a reação é mais rápida e vigorosa?

b. Como você explica isso em nível atômico-molecular?

15. Considere as afirmações:

I. Numa panela comum a água ferve a cerca de 100 °C e numa panela de pressão, a cerca de 110 °C.

II. O cozimento dos alimentos envolve reações químicas.

Com base nelas, explique por que os alimentos cozinham mais rápido nas panelas de pressão.

16. (Unicamp-SP) *Glow sticks* ou *light sticks* são pequenos tubos plásticos utilizados em festas por causa da luz que eles emitem. Ao serem pressionados, ocorre uma mistura de peróxido de hidrogênio com um éster [um tipo de composto] orgânico e um corante. Com o tempo, o peróxido e o éster vão reagindo, liberando energia que excita o corante, que está em excesso. O corante excitado, ao voltar para a condição não excitada, emite luz. Quanto maior a quantidade de moléculas excitadas, mais intensa é a luz emitida. Esse processo é contínuo, enquanto o dispositivo funciona. Com base no conhecimento químico, é possível afirmar que o funcionamento do dispositivo, numa temperatura mais baixa, mostrará uma luz
16. c

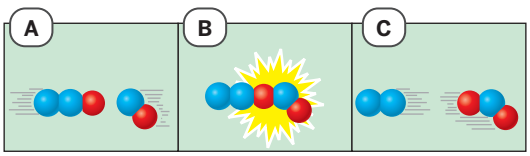
a. mais intensa e de menor duração que numa temperatura mais alta.

b. mais intensa e de maior duração que numa temperatura mais alta.

c. menos intensa e de maior duração que numa temperatura mais alta.

d. menos intensa e de menor duração que numa temperatura mais alta.

17. As ilustrações esquematizam uma colisão entre moléculas: antes (A), durante (B) e depois (C). Nos modelos, vermelho representa o elemento químico oxigênio e azul, o elemento químico nitrogênio:



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

a. Explique se é a representação de uma colisão eficaz ou de uma colisão não eficaz, apresentando os argumentos que justificam a resposta.

b. A situação representada na ilustração B dura curtíssimo intervalo de tempo, cerca de 10^{-12} s. Qual é o nome atribuído à entidade transiente (transitória) que corresponde a essa situação e que alterações se processam no reduzidíssimo lapso de tempo em que ela existe?

c. Elabore um diagrama de energia em função da coordenada de reação para o processo representado pelas ilustrações, sabendo que a variação de entalpia-padrão para a transformação química em questão vale −139,7 kJ/mol.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Superfície de contato e rapidez de reação

O ferro metálico (isto é, a substância simples ferro), na presença simultânea de gás oxigênio e água, reage com essas substâncias em um processo que resulta na corrosão do metal e na formação de ferrugem (Fig. 15).

PHOTOUR1904/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 15. Essa corrente de ferro, exposta a ambiente úmido, ficou recoberta de ferrugem.

Se um prego de ferro e um pedaço de palha de aço, de mesma massa, forem submetidos às mesmas condições de temperatura e exposição completa à umidade e ao gás oxigênio do ar, a quantidade de ferro consumida por unidade de tempo será maior no caso da palha de aço.

Isso é explicado considerando que a reação ocorre na superfície do ferro que está em contato com a água e o gás oxigênio. A palha de aço, devido ao seu formato, apresenta maior área superficial que o prego e, por isso, o seu enferrujamento é mais rápido.

De modo geral, em reações das quais participem reagentes que se encontram em diferentes fases, a rapidez tende a ser tanto maior quanto maior for a área de contato entre essas fases, pois é nessa região que podem ocorrer as colisões intermoleculares eficazes entre os reagentes.

Os casos mais comuns em que a influência do fator **superfície de contato entre fases reagentes** é notada são as reações em que um reagente está em fase sólida e outro está em fase aquosa ou gasosa. Quanto maior for a área superficial do sólido em contato com o outro reagente, mais rápida a reação.

A pintura de superfícies de ferro (Fig. 16) é uma medida preventiva do enferrujamento porque impede o contato do metal com água e ar, ou seja, diminui a superfície de contato entre os reagentes.

PHOTOSAMPLER/SHUTTERSTOCK

Figura 16. Revestir o ferro com tinta (que forma uma camada polimérica que adere ao metal) inibe o enferrujamento porque impede o contato do metal com o gás oxigênio e a água.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

18. (Enem) Utensílios de uso cotidiano e ferramentas que contêm ferro em sua liga metálica tendem a sofrer processo corrosivo e enferrujar. A corrosão é um processo eletroquímico e, no caso do ferro, ocorre a precipitação do óxido de ferro(III) hidratado, substância marrom pouco solúvel, conhecida como ferrugem. Esse processo corrosivo é, de maneira geral, representado pela equação química:

18. c

$$4\ Fe\ (s) + 3\ O_2\ (g) + 2\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ \underbrace{Fe_2O_3 \cdot H_2O\ (s)}_{\text{Ferrugem}}$$

Uma forma de impedir o processo corrosivo nesses utensílios é

a. renovar sua superfície, polindo-a semanalmente.
b. evitar o contato do utensílio com o calor, isolando-o termicamente.
c. impermeabilizar a superfície, isolando-a de seu contato com o ar úmido.
d. esterilizar frequentemente os utensílios, impedindo a proliferação de bactérias.
e. guardar os utensílios em embalagens, isolando-os do contato com outros objetos.

19. Considerando quantidades iguais de açúcar refinado e de açúcar cristal, qual deve se dissolver mais rapidamente em uma amostra de água a certa temperatura? Por quê?

20. Um pedaço de palha de aço umedecido enferruja em algumas horas. Contudo, se ele for revestido com uma camada de sabão esfregando-o bem sobre uma barra molhada desse produto, o enferrujamento é mais lento. Como a eficácia desse procedimento pode ser explicada?

21. Em um laboratório adequadamente equipado e sob supervisão, um grupo de universitários realizou a reação entre um pedaço de zinco metálico e uma solução de ácido clorídrico, coletando o gás produzido em um dispositivo que o mantém a pressão e temperatura constantes.

$$2\ H^+\ (aq) + Zn\ (s) \rightarrow Zn^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$$

Esboce um gráfico representando o volume de gás hidrogênio coletado em função do tempo, do início até o fim da reação. Represente, desenhando outra curva, como seria o gráfico se a reação fosse repetida utilizando-se zinco em pedaços, mantendo-se todas as demais condições constantes, tais como massa de zinco, concentração do ácido, pureza dos reagentes e temperatura.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

SAÚDE | CIDADANIA E CIVISMO | ODS 10

Envelhecimento ativo com dignidade

O envelhecimento relaciona-se a diversos processos metabólicos que envolvem reações químicas sujeitas aos princípios da cinética química. Após ler e interpretar a coletânea de textos, realizem a atividade proposta, em equipes.

> O envelhecimento é causado por alterações moleculares e celulares, que resultam em perdas funcionais progressivas dos órgãos e do organismo como um todo. Esse declínio se torna perceptível ao final da fase reprodutiva, muito embora as perdas funcionais do organismo comecem a ocorrer muito antes.
>
> **Fonte:** HOFFMANN, M. E. **Bases biológicas do envelhecimento**. Portal Com Ciência. Disponível em: https://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/envelhecimento/texto/env10.htm. Acesso em: 19 out. 2024.

> Análise realizada pela Fundação Oswaldo Cruz, com dados da Pesquisa Nacional de Saúde (PNS 2013), mostra que um em cada três idosos brasileiros apresentava alguma limitação funcional. Destes, 80%, cerca de 6,5 milhões de idosos, conta com ajuda de familiares para realizar alguma atividade do cotidiano, como fazer compras e vestir-se, mas 360 mil não possuem esse apoio.
>
> **Fonte:** BRASIL. Ministério da Saúde. **Ministério recomenda**: é preciso envelhecer com saúde. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2016/outubro/ministerio-recomenda-e-preciso-envelhecer-com-saude. Acesso em: 19 out. 2024.

"Envelhecimento ativo é o processo de otimização das oportunidades de saúde, participação e segurança, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida à medida que as pessoas ficam mais velhas".

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Envelhecimento ativo**: uma política de saúde. Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 2005. p. 13.

"A diversidade das capacidades e necessidades de saúde dos idosos não é aleatória, e sim advinda de eventos que ocorrem ao longo de todo o curso da vida e frequentemente são modificáveis, ressaltando a importância do enfoque de ciclo de vida para se entender o processo de envelhecimento".

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório mundial de envelhecimento e saúde**. Genebra: OMS, 2015. p. 3.

Pesquisem quais são os problemas mais graves enfrentados por idosos no Brasil, especialmente na sua região, e quais são os direitos a eles assegurados pela legislação (Fig. 17). Investiguem também formas de discriminação contra idosos e se ideias científicas são indevidamente usadas para justificar tais atos. Elaborem um vídeo de divulgação para a sociedade fazendo a contraposição entre os direitos e os problemas e **propondo**, com fundamentação em **argumentos** adequados, o que a sociedade e os governantes devem fazer para garantir envelhecimento ativo e com dignidade a todos os brasileiros. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

DRAZEN ZIGIC/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 17. Para promover uma **cultura de paz**, é essencial que toda a sociedade realize ações para que, independentemente da idade, todas as pessoas sejam tratadas com justiça e respeito.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Catalisador e rapidez de reação

O peróxido de hidrogênio, H_2O_2, é uma substância incolor, líquida a 25 °C e 1 atm, que, em condições adequadas, pode se decompor em água e gás oxigênio. Considerando que esse reagente esteja em solução aquosa, a reação é assim equacionada:

$$2\,H_2O_2(aq) \rightarrow 2\,H_2O(l) + O_2(g)$$

Considere um béquer em cujo interior há uma amostra de dióxido de manganês, MnO_2, uma substância escura, sólida a 25 °C e 1 atm, e praticamente insolúvel em água (Fig. 18.A). Ao adicionar a esse frasco uma solução aquosa diluída de peróxido de hidrogênio (Fig. 18.B), verifica-se que imediatamente ocorre a decomposição dessa substância. Ao final da reação, quando nenhuma bolha de gás oxigênio estiver mais sendo formada, uma análise química pode constatar que o $MnO_2(s)$ inicialmente presente continua dentro do béquer.

O $MnO_2(s)$ atuou como **catalisador** na reação, pois é uma substância cuja presença faz com que a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio ocorra com maior velocidade e não é **efetivamente** consumido, estando presente ao final do processo. A palavra "efetivamente" é relevante na frase anterior porque, como veremos adiante, o catalisador **participa** do processo, mas, ao final, ainda estará presente no sistema.

A atuação do catalisador no aumento da velocidade, denominada **catálise**, deve-se ao fato de, em sua presença, a reação ocorrer por um novo mecanismo com **menor energia de ativação** que o mecanismo original.

Mas como a presença do catalisador pode propiciar um novo mecanismo para uma reação? E por que o catalisador, mesmo participando, está lá no final?

A resposta é um pouco diferente para cada um dos dois tipos de catálise: **catálise homogênea** é aquela em que catalisador e reagentes estão em uma mesma fase, constituindo sistema homogêneo, e **catálise heterogênea** é aquela em que catalisador e reagentes estão em fases diferentes, constituindo sistema heterogêneo.

Vamos exemplificar com a decomposição do peróxido de hidrogênio em solução, indicando o catalisador sobre a seta de reação:

Catálise homogênea

$$2\,H_2O_2(aq) \xrightarrow{I^-(aq)} 2\,H_2O(l) + O_2(g)$$

Catálise heterogênea

$$2\,H_2O_2(aq) \xrightarrow{MnO_2(s)} 2\,H_2O(l) + O_2(g)$$

No primeiro caso, a catálise é homogênea porque $H_2O_2(aq)$ e $I^-(aq)$ estão na mesma fase (aquosa) e, no segundo, a catálise é heterogênea porque $H_2O_2(aq)$ e $MnO_2(s)$ estão em fases distintas.

Chamamos de **mecanismo de reação** a sequência de uma ou mais etapas (cada uma ocorrendo mediante uma colisão eficaz) que constitui uma reação global. De modo geral, no mecanismo de catálises homogêneas, o catalisador é reagente em uma etapa e produto em outra, posterior. Assim, o catalisador é momentaneamente consumido, porém **reposto** logo a seguir, o que explica sua presença ao final. Confira isso no mecanismo de catálise equacionado a seguir:

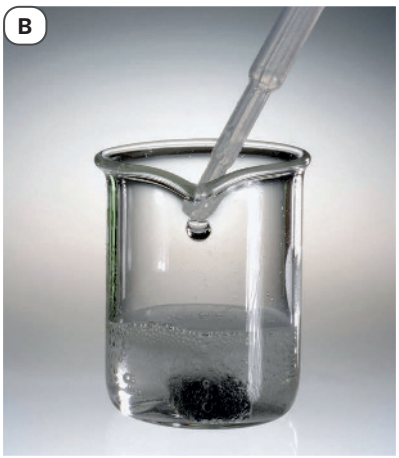
$$H_2O_2(aq) + I^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + IO^-(aq)$$
$$H_2O_2(aq) + IO^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + O_2(g) + I^-(aq)$$

} Mecanismo na presença do catalisador $I^-(aq)$.

(+)

$$2\,H_2O_2(aq) \rightarrow 2\,H_2O(l) + O_2(g)$$ **Reação global**

A presença do íon iodeto (I^-) no meio aquoso possibilita que a reação ocorra por um mecanismo que tem o íon IO^- (hipoclorito) como intermediário. Perceba que o catalisador, o iodeto, participa do mecanismo da reação. Ele é consumido na primeira etapa, porém é formado na segunda. Assim, **não é efetivamente** consumido no processo global.



RICHARD MEGNA/FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

RICHARD MEGNA/FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

Figura 18. A um béquer (A) que contém $MnO_2(s)$ adiciona-se solução diluída de peróxido de hidrogênio (B). As bolhas observadas são de gás oxigênio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Esse mecanismo corresponde ao perfil energético representado na Figura 19. A reação catalisada ocorre em duas etapas, cada uma com sua energia de ativação. Perceba, no gráfico, que a energia de ativação da reação catalisada é menor que a da reação não catalisada.

Decomposição de H_2O_2 com catalisador e sem catalisador

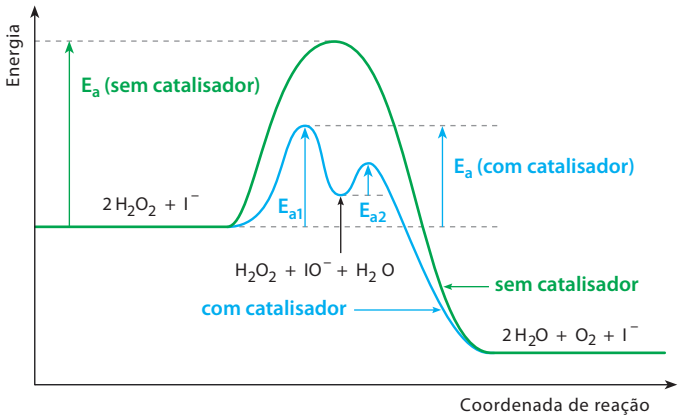


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada a partir de ROBINSON, J. K.; MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. **Chemistry**. 8. ed. Hoboken: Pearson, 2020. p. 578.

Figura 19. Perfil energético da decomposição do peróxido de hidrogênio em solução sem catalisador (curva verde) e com catalisador (curva azul).

Nas catálises heterogêneas com catalisador sólido e reagentes gasosos ou aquosos, o mecanismo geralmente envolve a retenção momentânea das moléculas de reagentes na superfície do catalisador, chamada **adsorção**. As moléculas adsorvidas têm algumas de suas ligações enfraquecidas devido ao estabelecimento de ligações momentâneas com a superfície do catalisador, o que facilita a ocorrência da reação nessa superfície. As moléculas de produtos, logo após formadas, desprendem-se da superfície (**dessorção**).

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

22. Ao ser colocada sobre um ferimento recente, a água oxigenada (solução aquosa 3% em massa de peróxido de hidrogênio, H_2O_2) toma contato com uma substância chamada **catalase**, que acelera a reação química de decomposição do peróxido de hidrogênio. Visualmente, a água oxigenada parece ferver.

a. Explique o que vem a ser essa aparente fervura, incluindo uma equação química na explicação.

b. Qual é o papel desempenhado pela catalase?

c. "Embalagens de água oxigenada devem ser guardadas em locais escuros e frios para conservá-la por mais tempo." Justifique essa recomendação.

23. Numa das etapas da produção do ácido sulfúrico ocorre a reação equacionada a seguir:

$$2\,SO_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,SO_3\,(g)$$

Ela é realizada atualmente utilizando-se platina metálica sólida como catalisador. Responda:

a. Por que é importante usar o catalisador? Explique como ele atua.

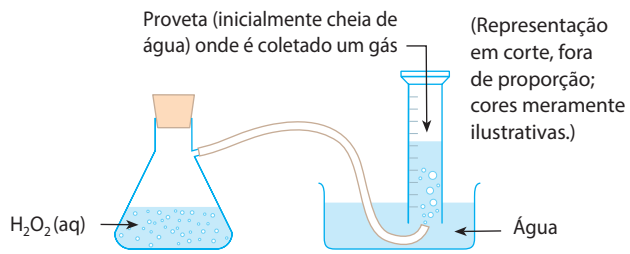
b. Trata-se de uma catálise homogênea ou heterogênea?

24. Os dispositivos antipoluição chamados de **conversores catalíticos** (popularmente conhecidos apenas como "catalisadores") são construídos de modo que os gases que saem do motor do automóvel passem por uma estrutura similar a uma colmeia, que contém grande quantidade de grânulos de um catalisador apropriado, que aumenta a rapidez de diversas reações que transformam gases tóxicos em outros, não tóxicos.

a. Considerando se tratar de catálise heterogênea, justifique por que se utilizam grânulos do catalisador em vez de uma placa.

b. Suponha que uma reportagem sobre os conversores catalíticos usados em automóveis contenha a seguinte frase: "Catalisadores são substâncias que iniciam reações químicas que, sem eles, não seriam possíveis". Aponte dois **erros conceituais** presentes nessa frase. A seguir, reescreva-a, tornando-a correta.

25. A aparelhagem ilustrada a seguir permite realizar a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio presente na água oxigenada. Esboce um gráfico representando o volume de gás oxigênio coletado em função do tempo, desde o início até o fim da reação. Represente, desenhando outra curva, como seria o gráfico se a reação fosse repetida na presença de um catalisador e mantendo-se todas as demais condições constantes, tais como temperatura, quantidade e concentração do reagente.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Destruição da camada de ozônio

Na baixa atmosfera, o ozônio é um poluente formado a partir de algumas substâncias liberadas por veículos com motor de combustão interna. É um dos responsáveis pelo ardor que sentimos nos olhos ao andar por locais com intenso fluxo de veículos. A exposição prolongada a ele pode reduzir a capacidade pulmonar e agravar doenças respiratórias como asma e bronquite. Além disso, o ozônio interfere no processo fotossintético, prejudicando as plantas, e também acarreta oxidação e fragilização de objetos de borracha. Mas isso é na baixa atmosfera.

A existência **natural** desse gás na **camada de ozônio**, situada, aproximadamente, entre 20 km e 30 km de altitude, é benéfica. Essa camada é uma região da atmosfera onde a concentração de ozônio é relativamente maior que em outras altitudes e está longe dos seres vivos. (Para você comparar, o pico mais alto da Terra, o Everest, tem quase 9 km de altitude.) Nela, o ozônio é formado e destruído por processos naturais, o que, na ausência da interferência humana, resultaria em uma concentração constante de ozônio.

A camada de ozônio é fundamental para a vida no planeta. Ela retém parte considerável do ultravioleta proveniente do Sol, protegendo os seres vivos dos efeitos nocivos dessa radiação eletromagnética. No ser humano, alguns desses efeitos são debilitação do sistema imunitário, problemas visuais, como catarata e danos à retina, e aumento da probabilidade de câncer de pele.

As substâncias conhecidas como **CFCs**, ou **clorofluorocarbonetos**, têm efeito destrutivo sobre a camada de ozônio. A sigla CFC é uma designação genérica para qualquer substância constituída dos elementos químicos cloro, flúor e carbono. Os CFCs não têm cor nem cheiro e foram muito usados em embalagens de *sprays* de aerossol, nos quais sua função era a de propelente, ou seja, de impulsionar para fora da lata o produto (desodorante, inseticida ou qualquer outro). Na atmosfera, permanecem por décadas sem se decompor. Sua atuação na destruição da camada de ozônio foi objeto de estudo de muitos cientistas , entre eles da pesquisadora da área de química atmosférica Susan Solomon (nascida em 1956) (Fig. 20). Juntamente com seus colaboradores do Laboratório de Pesquisas do Sistema Terrestre (ESRL), nos Estados Unidos, foi uma das primeiras pessoas a propor, na década de 1980, uma explicação para o fato de existir um grande déficit de ozônio sobre a Antártida, associando-o à poluição por CFCs e às condições climáticas peculiares da região. O empenho de Solomon e o de diversos outros cientistas em todo o mundo ajudaram a chamar a atenção da opinião pública para a destruição da camada de ozônio pelos CFCs.

Parte dessa destruição envolve uma catálise homogênea, que vamos exemplificar com o CF_2Cl_2, um dos CFCs que mais foram utilizados. Disperso na atmosfera, o composto pode chegar à altitude da camada de ozônio, onde suas moléculas absorvem radiação ultravioleta (UV), que provoca ruptura da ligação C — Cl:

$$CF_2Cl_2(g) \xrightarrow{UV} CF_2Cl(g) + Cl(g)$$

Os produtos são **radicais livres**, termo que designa um átomo ou um conjunto de átomos com elétron desemparelhado (sem o respectivo par). O radical livre Cl é catalisador homogêneo na reação do ozônio com átomos de oxigênio (relativamente comuns naquela altitude), descrita pelo mecanismo:

$$O_3(g) + Cl(g) \rightarrow O_2(g) + ClO(g)$$
$$ClO(g) + O(g) \rightarrow O_2(g) + Cl(g)$$

Mecanismo do consumo de O_3 por ação catalítica de cloro atômico (radical livre Cl).

(+)

$$O_3(g) + O(g) \rightarrow 2\,O_2(g)$$

Reação global

O **Protocolo de Montreal** é um acordo internacional para a eliminação de CFCs, assinado originalmente em 1987 e alterado em outras ocasiões posteriores, que firmou o comprometimento de diversos países para eliminar progressivamente o uso desses compostos em aerossóis e em outras aplicações. Em 2016, o acordo contava com a assinatura da União Europeia e 197 países. O protocolo também estabelece a eliminação progressiva de outras substâncias prejudiciais à camada de ozônio, como os HCFCs (substâncias compostas de hidrogênio, carbono, flúor e cloro).

Mesmo após sua eliminação, os CFCs que já estão na atmosfera continuarão atuando sobre a camada de ozônio por um bom período de tempo. Alguns pesquisadores falam em anos; outros, em décadas.

PIERRE VERDY/AFP/GETTY IMAGES

Figura 20. A química estadunidense Susan Solomon, em foto de 2008, após receber a grande medalha da Academia Francesa de Ciências.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

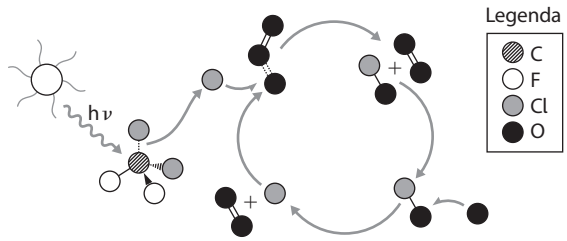
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

26. (Enem) A liberação dos gases clorofluorcarbonos (CFCs) na atmosfera pode provocar depleção de ozônio (O_3) na estratosfera. O ozônio estratosférico é responsável por absorver parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol, a qual é nociva aos seres vivos. Esse processo, na camada de ozônio, é ilustrado simplificadamente na figura.

26. b

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA



Quimicamente, a destruição do ozônio na atmosfera por gases CFCs é decorrência da

a. clivagem da molécula de ozônio pelos CFCs para produzir espécies radicalares.
b. produção de oxigênio molecular a partir de ozônio, catalisada por átomos de cloro.
c. oxidação do monóxido de cloro por átomos de oxigênio para produzir átomos de cloro.
d. reação direta entre os CFCs e o ozônio para produzir oxigênio molecular e monóxido de cloro.
e. reação de substituição de um dos átomos de oxigênio na molécula de ozônio por átomos de cloro.

27. Justifique a resposta escolhida na atividade anterior.

7. Conservação de alimentos

OBJETO DIGITAL *Podcast*: Breve história dos métodos de conservação de alimentos

Fatores que provocam a deterioração dos alimentos

SAÚDE **MULTICULTURALISMO**

O cuscuz (Fig. 21) é um prato originário de Magrebe, a região noroeste do Continente Africano, de onde se difundiu para diversas partes do mundo. A receita original, que utiliza semolina de trigo, modificou-se bastante no Brasil (variando, inclusive, de uma região para outra), e incorporou contribuições da culinária indígena, como a farinha de mandioca. As variações podem levar ovos, peixe, legumes e temperos diversos, havendo regiões em que se faz cuscuz doce com coco e tapioca.

Como todo alimento, a preparação do cuscuz deve ser criteriosa para que não haja contaminação com microrganismos. O que não for consumido após o preparo deve ser adequadamente guardado sob refrigeração para consumo posterior, pois os cuidados com a qualidade da alimentação devem fazer parte permanente de nossa vida.

O cuscuz, assim como diversos outros alimentos, mesmo em geladeira, pode deteriorar-se em pouco tempo devido à presença de **enzimas**, substâncias com atividade catalítica produzidas por seres vivos. Em sua maioria, as enzimas são proteínas.

A palavra "maioria", nessa frase, é relevante porque existem enzimas cuja atividade catalítica está associada a uma estrutura de RNA. O Prêmio Nobel de Química de 1989 foi conferido a Sidney Altman (1939-2022) e a Thomas Robert Cech (nascido em 1947) pela descoberta de propriedades catalíticas de RNA. Se desejar mais informações sobre esse tema, dê uma busca por **ribozima**.

BRAZILPHOTOS/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 21. Cuscuz, prato de origem africana que se difundiu pelo Brasil.

A pesquisadora canadense Maud Leonora Menten (1879-1960) (Fig. 22) foi uma das pioneiras no estudo da atuação de enzimas. Uma das primeiras mulheres a receber o título de doutora (Ph. D.) no Canadá, Menten realizou pesquisas em Bioquímica na Alemanha e nos Estados Unidos porque, na época, o Canadá não permitia que investigações científicas fossem conduzidas por mulheres. Fez relevantes contribuições no estudo da cinética química, investigando reações catalisadas por enzimas e descobrindo, em parceria com Leonor Michaelis (1875-1949), a equação matemática que descreve como a rapidez desses processos depende da concentração do reagente.

Antes mesmo dos trabalhos sobre a atuação enzimática, pesquisadores já investigavam cientificamente a conservação dos alimentos. Em 1857, o cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) obteve evidências de que a presença de microrganismos nos alimentos é responsável por sua deterioração e de que, para conservar um alimento, é necessário: (1) eliminar os microrganismos presentes ou reduzir seu número ao mínimo possível e (2) criar condições desfavoráveis ao desenvolvimento daqueles microrganismos que eventualmente restarem. Posteriormente, desenvolveu-se a compreensão científica de que são enzimas produzidas por microrganismos que catalisam as reações químicas que ocorrem na deterioração dos alimentos.

SMITHSONIAN INSTITUTION/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 22. A médica canadense Maud Leonora Menten.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Outra razão para alguns alimentos (por exemplo, frutas e carnes) se estragarem é a presença natural de algumas enzimas originadas no próprio alimento, que catalisam reações envolvidas em seu apodrecimento. Para impedir ou reduzir essa atividade enzimática em alimentos, há basicamente duas maneiras: (1) aquecimento suficiente para provocar desnaturação proteica (isto é, alteração da forma tridimensional das moléculas de proteína), o que acarreta perda da atividade enzimática, ou (2) resfriamento, que diminui a rapidez das reações enzimaticamente catalisadas.

Comentaremos como esses princípios são usados na conservação de alimentos.

Desidratação

A água no estado líquido é essencial para a vida. A **desidratação**, retirada da água, de um alimento mata diversos microrganismos. Assim, visando à conservação, alguns alimentos são desidratados. Na hora de consumi-los, alguns precisam ser reidratados, como é o caso do leite em pó e das sopas vendidas em envelopes. Uma das maneiras de realizar a desidratação é por meio da **liofilização**, processo no qual o alimento é inicialmente congelado e, a seguir, submetido a uma redução de pressão, que provoca sublimação do gelo (passagem da água da fase sólida diretamente para a fase vapor). Esse é o processo empregado na obtenção do café solúvel, de alguns pós para sopas e das frutas secas.

Uso de altas temperaturas

Pasteur percebeu que os microrganismos podem ser mortos com o uso de altas temperaturas. Vários deles morrem quando expostos a temperaturas entre 70 °C e 100 °C, e poucos sobrevivem a temperaturas superiores a 100 °C. A técnica da **pasteurização** (nome em homenagem a Pasteur), realizada com alguns sucos de fruta industrializados e com o leite vendido em saquinhos, consiste em aquecer o alimento até 72 °C por 15 s e, a seguir, resfriá-lo rapidamente. A maioria dos microrganismos presentes é eliminada graças ao aquecimento. Ainda que sobrem alguns deles, a pasteurização fará com que o alimento dure mais tempo.

Já a **esterilização** é um processo que utiliza temperaturas mais altas, eliminando todos os microrganismos presentes e garantindo maior durabilidade ao alimento. O leite e os sucos vendidos em embalagens longa vida recebem esse tratamento e se conservam por ainda mais tempo que o leite em saquinhos e os sucos pasteurizados. A esterilização do leite longa vida é feita por aquecimento na faixa de 142 °C a 150 °C por 3 s a 6 s, seguido de rápido resfriamento.

A **apertização** (designação que deriva do sobrenome de Nicolas Appert, inventor francês) também é um processo que utiliza aquecimento para prolongar a durabilidade dos alimentos. Eles são colocados em frascos bem fechados, que suportem aquecimento sem se romper, e são aquecidos a grande temperatura, que destrói os microrganismos presentes e acaba com a atividade de enzimas que poderiam deteriorar o alimento. É o processo utilizado em alimentos enlatados.

Uso de baixas temperaturas

Quando colocamos alimentos na geladeira, não eliminamos microrganismos nem enzimas neles presentes. A baixa temperatura diminui a frequência de colisões eficazes, tornando mais lentas as reações catalisadas por enzimas, diminuindo a velocidade de apodrecimento dos alimentos e a taxa de reprodução dos eventuais microrganismos presentes.

O uso de geladeiras (refrigeradores) para conservar alimentos a cerca de 5 °C é o processo de **refrigeração**. Já o uso de congeladores ou *freezers* submete o alimento ao processo de **congelamento**, geralmente por volta de –18 °C, técnica mais eficiente do que a refrigeração, pois a água do alimento se solidifica, diminuindo ainda mais a mobilidade molecular e, consequentemente, a frequência de choques eficazes.

Dialogando com o texto

Na região em que você vive, quais são as principais técnicas utilizadas para conservar os alimentos? Que características distinguem, nesse aspecto, sua região de outras do país?

Entreviste parentes e amigos para coletar informações sobre esse tema e registre os resultados no caderno.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Uso de sal ou açúcar

Um grande teor de sal ou de açúcar em alimentos cria condições desfavoráveis ao desenvolvimento de diversos microrganismos. O sal é empregado na salga, processo de conservação de carnes e pescados em que são misturados com grande quantidade de sal e secos ao sol ou em equipamentos apropriados. Alguns produtos obtidos por salga são carne-seca, carne de sol, jabá, charque e bacalhau salgado. Exemplos de alimentos conservados com grande quantidade de açúcar são frutas cristalizadas, leite condensado e geleias.

Embora essas técnicas tenham importância histórica e cultural, e ainda sejam fundamentais em locais sem energia elétrica, é importante ter em mente que o **consumo de muito sal ou açúcar pode acarretar problemas de saúde**. Excesso de sal na dieta pode conduzir, entre outros problemas, ao aumento da pressão arterial (hipertensão) e ao mau funcionamento dos rins. Excesso de açúcar pode provocar obesidade, oclusão (obstrução) de artérias e diabetes tipo 2.

Defumação

Um dos mais antigos meios de conservar alimentos é a **defumação**, realizada por exposição do alimento à fumaça, que contém substâncias que matam alguns microrganismos e impedem o desenvolvimento de outros. A defumação foi muito empregada com carnes antes do advento da refrigeração e do congelamento. Hoje, é usada principalmente por razões de cultura alimentar. Um dos problemas associados à defumação é a existência de **substâncias cancerígenas** na fumaça (Fig. 23), que serão ingeridas com o alimento, razão pela qual se recomenda muita moderação no consumo de alimentos defumados.

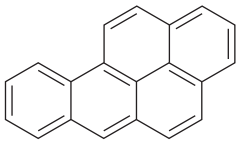


Figura 23. Fórmula estrutural do composto benzo[a]pireno, que se forma na combustão do cigarro, da madeira e do carvão. Sua ingestão ou inalação pode provocar mutações gênicas e câncer. Esse é um fator que torna perigosa a ingestão frequente de alimentos defumados.

Uso de irradiação

ODS 12

Muitas pessoas acham que os materiais radioativos são necessariamente perigosos. De fato, alguns deles são usados em armamentos, as armas nucleares, e muitos são perigosíssimos à saúde se manipulados indevidamente ou caso se espalhem no ambiente. No entanto, há materiais radioativos com utilidades pacíficas e benéficas. Alguns são usados em pesquisas científicas, outros nas indústrias e outros, ainda, para diagnosticar doenças.

Entre as aplicações benéficas de materiais radioativos está o uso de um tipo de radioatividade que alguns emitem, a **radiação gama** (ondas eletromagnéticas de altíssima frequência), para matar microrganismos presentes em alimentos e, assim, aumentar sua durabilidade. Quando isso é feito, diz-se que o alimento foi **irradiado** (Fig. 24). A **irradiação** não faz o alimento ficar radioativo, porque as radiações gama o atravessam. Além disso, o material radioativo não encosta no alimento nem passa a integrá-lo. A técnica ainda é relativamente pouco usada, mas é um método promissor para diminuir, em nosso país, a grande quantidade de alimento que se estraga antes de chegar à mesa do consumidor.

ELENA LARINA/SHUTTERSTOCK

TATA DONETS/ SHUTTERSTOCK

Figura 24. Irradiar alimentos permite matar microrganismos que aceleram o apodrecimento. Em verde, sobre a foto, aparece a **radura**, símbolo internacional para alimentos irradiados.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

ODS 12

A deterioração dos alimentos é inevitável. As diversas técnicas de conservação apenas retardam esse acontecimento. A data de validade, obrigatória nas embalagens de alimentos, mostra até quando é seguro ingerir um alimento, desde que corretamente armazenado e com a embalagem intacta.

Além da data de validade e da embalagem em perfeito estado, os consumidores têm uma série de direitos assegurados pela legislação.

Investiguem quais são esses direitos e elaborem um vídeo que os divulgue para a comunidade, incluindo nele **argumentos** para que todo cidadão seja um consumidor atento e consciente. Quais medidas práticas podem ser tomadas pela população e pelas empresas do ramo alimentício para evitar que alimentos não comercializados e que estejam próximo da data de validade, mas em correto estado de conservação, não sejam desperdiçados por ultrapassarem essa data e possam, antes dela, ser consumidos por populações carentes? (Sugestões para elaborar vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

Incluam no vídeo qual é o órgão que regula o uso de **aditivos alimentares** no Brasil e onde se pode consultar que aditivos são permitidos e em que concentração.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

28. (Enem) Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir, destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos:

28. c

1. A maioria dos produtos alimentícios se conserva por muito mais tempo quando submetidos à refrigeração. Esse procedimento diminui a rapidez das reações que contribuem para a degradação de certos alimentos.
2. Um procedimento muito comum utilizado em práticas de culinária é o corte dos alimentos para acelerar o seu cozimento, caso não se tenha uma panela de pressão.
3. Na preparação de iogurtes, adicionam-se ao leite bactérias produtoras de enzimas que aceleram as reações envolvendo açúcares e proteínas lácteas.

Com base no texto, quais são os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas relacionadas aos exemplos 1, 2 e 3, respectivamente?

a. Temperatura, superfície de contato e concentração.
b. Concentração, superfície de contato e catalisadores.
c. Temperatura, superfície de contato e catalisadores.
d. Superfície de contato, temperatura e concentração.
e. Temperatura, concentração e catalisadores.

29. (Enem) A deterioração de um alimento é resultado de transformações químicas que decorrem, na maioria dos casos, da interação do alimento com microrganismos, ou, ainda, da interação com o oxigênio do ar, como é o caso da rancificação de gorduras. Para conservar por mais tempo um alimento, deve-se, portanto, procurar impedir ou retardar ao máximo a ocorrência dessas transformações. Os processos comumente utilizados para conservar alimentos levam em conta os seguintes fatores:

29. c

I. microrganismos dependem da água líquida para sua sobrevivência.
II. microrganismos necessitam de temperaturas adequadas para crescerem e se multiplicarem. A multiplicação de microrganismos, em geral, é mais rápida entre 25 °C e 45 °C, aproximadamente.
III. transformações químicas têm maior rapidez quanto maior for a temperatura e a superfície de contato das substâncias que interagem.
IV. há substâncias que acrescentadas ao alimento dificultam a sobrevivência ou a multiplicação de microrganismos.
V. no ar há microrganismos que encontrando alimento, água líquida e temperaturas adequadas crescem e se multiplicam.

Em uma embalagem de leite "longa vida", lê-se:

"Após aberto é preciso guardá-lo em geladeira"

Caso uma pessoa não siga tal instrução, principalmente no verão tropical, o leite se deteriorará rapidamente, devido a razões relacionadas com

a. o fator I, apenas.
b. o fator II, apenas.
c. os fatores II, III e V, apenas.
d. os fatores I, II e III, apenas.
e. os fatores I, II, III, IV e V.

30. Uma das reações químicas que ocorrem na digestão dos carboidratos é a hidrólise da sacarose, simplificadamente representada assim:

sacarose + água → glicose + frutose

Essa reação é catalisada por uma enzima chamada **sacarase**, em cuja presença ocorre o mecanismo descrito a seguir, com **enz** representando a enzima e o traço azul (**–**) representando a ligação momentânea entre ela e um carboidrato:

enz + sacarose → **enz** – sacarose
enz – sacarose + água → glicose – **enz** – frutose
glicose – **enz** – frutose → glicose + frutose + **enz**

Demonstre que a equação global desse mecanismo é a que foi apresentada e justifique, com base no mecanismo, por que uma única molécula de enzima pode atuar na hidrólise de grande número de moléculas de sacarose.

PHOTOONGRAPHY/ SHUTTERSTOCK

O sabor do milho verde é o tema da atividade 31.

31. (Enem) O milho verde recém-colhido tem um sabor adocicado. Já o milho verde comprado na feira, um ou dois dias depois de colhido, não é mais tão doce, pois cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas.

31. c

Para preservar o sabor do milho verde pode-se usar o seguinte procedimento em três etapas:

1º. descascar e mergulhar as espigas em água fervente por alguns minutos;
2º. resfriá-las em água corrente;
3º. conservá-las na geladeira.

A preservação do sabor original do milho verde pelo procedimento descrito pode ser explicada pelo seguinte argumento:

a. O choque térmico converte as proteínas do milho em amido até a saturação; este ocupa o lugar do amido que seria formado espontaneamente.
b. A água fervente e o resfriamento impermeabilizam a casca dos grãos de milho, impedindo a difusão de oxigênio e a oxidação da glicose.
c. As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água quente.
d. Microrganismos que, ao retirarem nutrientes dos grãos, convertem esses carboidratos em amido, são destruídos pelo aquecimento.
e. O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução onde ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Unesp-SP) Em um laboratório de química, dois estudantes realizam um experimento com o objetivo de determinar a velocidade da reação apresentada a seguir:

1. c

$$MgCO_3\,(s) + 2\,HCl\,(aq) \rightarrow MgCl_2\,(aq) + H_2O\,(l) + CO_2\,(g)$$

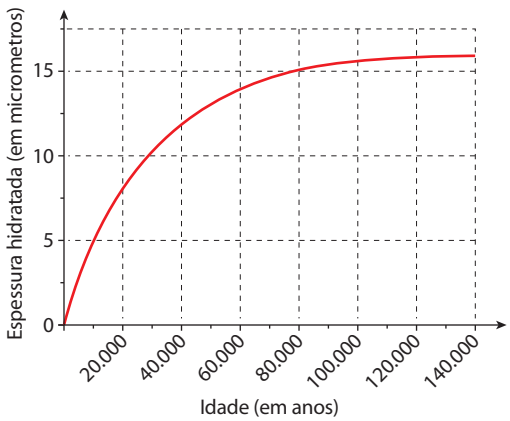
Sabendo que a reação ocorre em um sistema aberto, o parâmetro do meio reacional que deverá ser considerado para a determinação da velocidade dessa reação é

a. a diminuição da concentração de íons Mg^{2+}.
b. o teor de umidade no interior do sistema.
c. a diminuição da massa total do sistema.
d. a variação da concentração de íons Cl^-.
e. a elevação da pressão do sistema.

2. (Enem) A obsidiana é uma rocha de origem vulcânica que, em contato com a umidade do ar, fixa água em sua superfície formando uma camada hidratada. A espessura da camada hidratada aumenta de acordo com o tempo de permanência no ar, propriedade que pode ser utilizada para medir sua idade. O gráfico a seguir mostra como varia a espessura da camada hidratada, em micrometros (1 micrometro = 1 milésimo de milímetro), em função da idade da obsidiana.

2. c

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA



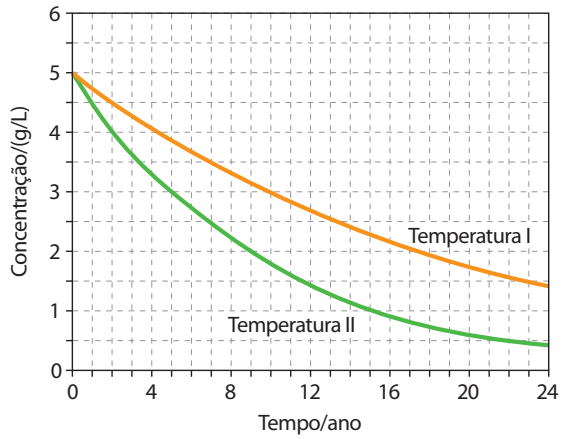
Com base no gráfico, pode-se concluir que a espessura da camada hidratada de uma obsidiana:

a. é diretamente proporcional à sua idade.
b. dobra a cada 10.000 anos.
c. aumenta mais rapidamente quando a pedra é mais jovem.
d. aumenta mais rapidamente quando a pedra é mais velha.
e. a partir de 100.000 anos não aumenta mais.

3. (UFMG) Define-se o **prazo de validade** de um medicamento como o tempo transcorrido para decomposição de 10% do princípio ativo presente em sua formulação.

3. c

Neste gráfico, está representada a variação de concentração do princípio ativo de um medicamento, em função do tempo, nas temperaturas **I** e **II**:



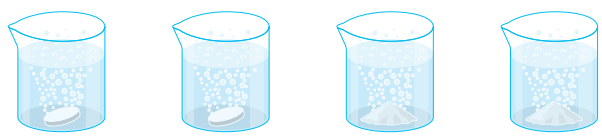
ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que

a. a concentração do princípio ativo, na temperatura **I**, após 5 anos, é de 3 g/L.
b. a temperatura **II** é menor que a temperatura **I**.
c. o prazo de validade, na temperatura **I**, é maior.
d. o prazo de validade, na temperatura **II**, é de 22 anos.

4. (UEMG) Um professor, utilizando comprimidos de antiácido efervescente à base de $NaHCO_3$, realizou quatro procedimentos, ilustrados a seguir:

4. c



I	II	III	IV
150 mL	150 mL	150 mL	150 mL
25 °C	5 °C	25 °C	5 °C

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Procedimento I – Comprimido inteiro e água a 25 °C
Procedimento II – Comprimido inteiro e água a 5 °C
Procedimento III – Comprimido pulverizado e água a 25 °C
Procedimento IV – Comprimido pulverizado e água a 5 °C
A reação ocorreu mais rapidamente no procedimento

a. I. **b.** II. **c.** III. **d.** IV.

5. (Enem) Ferramentas de aço podem sofrer corrosão e enferrujar. As etapas químicas que correspondem a esses processos podem ser representadas pelas equações:

5. b

$$Fe + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow Fe(OH)_2$$

$$Fe(OH)_2 + \frac{1}{2}H_2O + \frac{1}{4}O_2 \rightarrow Fe(OH)_3$$

$$Fe(OH)_3 + n\,H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 \cdot n\,H_2O \text{ (ferrugem)}$$

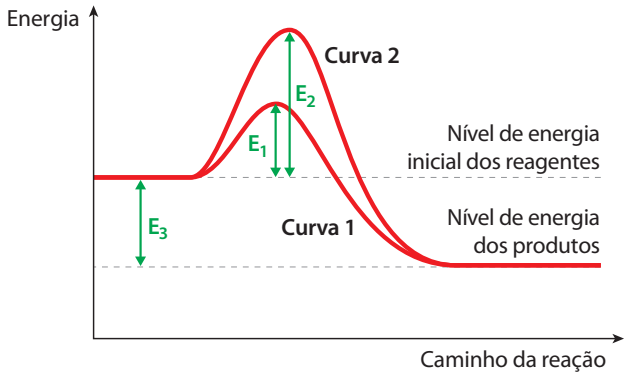
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

Uma forma de tornar mais lento esse processo de corrosão e formação de ferrugem é engraxar as ferramentas. Isso se justifica porque a graxa proporciona:

a. lubrificação, evitando o contato entre as ferramentas.
b. impermeabilização, diminuindo seu contato com ar úmido.
c. isolamento térmico, protegendo-as do calor ambiente.
d. galvanização, criando superfícies metálicas imunes.
e. polimento, evitando ranhuras nas superfícies.

6. (IME-RJ) O gráfico a seguir ilustra as variações de energia devido a uma reação química conduzida nas mesmas condições iniciais de temperatura, pressão, volume de reator e quantidades de reagentes em dois sistemas diferentes.
6. e



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Estes sistemas diferem apenas pela presença de catalisador. Com base no gráfico, é possível afirmar que:

a. A curva 1 representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
b. A curva 2 representa a reação catalisada, que ocorre com absorção de calor.
c. A curva 1 representa a reação catalisada com energia de ativação dada por $E_1 + E_3$.
d. A curva 2 representa a reação não catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por $E_2 + E_3$.
e. A curva 1 representa a reação catalisada, que ocorre com liberação de calor e a sua energia de ativação é dada por E_1.

7. (Enem) O rótulo de um desodorante aerossol informa ao consumidor que o produto possui em sua composição os gases isobutano, butano e propano, dentre outras substâncias. Além dessa informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição "Não contém CFC". As reações a seguir, que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante:
7. a

I. $CF_2Cl_2 \xrightarrow{UV} CF_2Cl\bullet + Cl\bullet$
II. $Cl\bullet + O_3 \longrightarrow O_2 + ClO\bullet$

A preocupação com as possíveis ameaças à camada de ozônio (O_3) baseia-se na sua principal função: proteger a matéria viva na Terra dos efeitos prejudiciais dos raios solares ultravioleta. A absorção da radiação ultravioleta pelo ozônio estratosférico é intensa o suficiente para eliminar boa parte da fração de ultravioleta que é prejudicial à vida.
A finalidade da utilização dos gases isobutano, butano e propano neste aerossol é

a. substituir o CFC, pois não reagem com o ozônio, servindo como gases propelentes em aerossóis.
b. servir como propelentes, pois, como são muito reativos, capturam o Freon existente livre na atmosfera, impedindo a destruição do ozônio.
c. reagir com o ar, pois se decompõem espontaneamente em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), que não atacam o ozônio.
d. impedir a destruição do ozônio pelo CFC, pois os hidrocarbonetos gasosos reagem com a radiação UV, liberando hidrogênio (H_2), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando água (H_2O).
e. destruir o CFC, pois reagem com a radiação UV, liberando carbono (C), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando dióxido de carbono (CO_2), que é inofensivo para a camada de ozônio.

8. (Enem) O sulfeto de mercúrio(II) foi usado como pigmento vermelho para pinturas de quadros e murais. Esse pigmento, conhecido como *vermilion*, escurece com o passar dos anos, fenômeno cuja origem é alvo de pesquisas. Aventou-se a hipótese de que o *vermilion* seja decomposto sob a ação da luz, produzindo uma fina camada de mercúrio metálico na superfície. Essa reação seria catalisada por íon cloreto presente na umidade do ar.
8. c

Fonte: WOGAN, T. **Mercury's Dark Influence on Art. Chemistry World**, 28 out. 2013. Disponível em: https://www.chemistryworld.com/news/mercurys-dark-influence-on-art/6735.article (adaptado). Acesso em: 19 out. 2024.

Segundo a hipótese proposta, o íon cloreto atua na decomposição fotoquímica do *vermilion*

a. reagindo como agente oxidante.
b. deslocando o equilíbrio químico.
c. diminuindo a energia de ativação.
d. precipitando cloreto de mercúrio.
e. absorvendo a energia da luz visível.

9. (Enem) A sacarase (ou invertase) é uma enzima que atua no intestino humano hidrolisando o dissacarídeo sacarose nos monossacarídeos glicose e frutose. Em um estudo cinético da reação de hidrólise da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), foram dissolvidos 171 g de sacarose em 500 mL de água. Observou-se que, a cada 100 minutos de reação, a concentração de sacarose foi reduzida à metade, qualquer que fosse o momento escolhido como tempo inicial. As massas molares dos elementos H, C e O são iguais a 1, 12 e 16 g mol^{-1}, respectivamente.
9. b
Qual é a concentração de sacarose depois de 400 minutos do início da reação de hidrólise?

a. $2{,}50 \times 10^{-3}$ mol L^{-1}
b. $6{,}25 \times 10^{-2}$ mol L^{-1}
c. $1{,}25 \times 10^{-1}$ mol L^{-1}
d. $2{,}50 \times 10^{-1}$ mol L^{-1}
e. $4{,}27 \times 10^{-1}$ mol L^{-1}

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 15

Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico

ADRIANO KIRIHARA/PULSAR IMAGENS

A fertilidade do solo é essencial para assegurar alimentos à humanidade. Dependendo das condições do solo, um agrônomo pode recomendar técnicas de adubação. Fertilizantes industriais nitrogenados, necessários em alguns contextos, são produzidos a partir da amônia, matéria-prima fabricada em um processo que pode estabelecer equilíbrio químico. Na foto, agricultor colhendo batatas-doces (Brazlândia, DF, 2024).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9610 de 19 de fevereiro de 1998.

A amônia (NH_3) é um gás incolor em condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm). Trata-se de uma substância biodegradável e altamente solúvel em água. Ela é utilizada industrialmente na produção de fertilizantes, produtos de limpeza, fibras têxteis, espumas sintéticas, corantes e explosivos. Sua síntese industrial é feita principalmente a partir da reação entre gás hidrogênio (H_2) e gás nitrogênio (N_2) sob altas pressões e temperaturas.

Ela também é produzida por determinados organismos decompositores, sendo posteriormente convertida por certas bactérias em íon nitrato, nutriente absorvido por plantas e utilizado por elas na produção de substâncias essenciais para seu desenvolvimento. No entanto, quando resíduos industriais contendo elevadas concentrações de amônia são lançados nos corpos d'água, ela pode causar danos aos seres vivos. Concentrações acima de 0,01 miligrama de amônia por litro de solução, por exemplo, podem ser tóxicas aos peixes, ocasionando sua morte.

Na reação da síntese industrial de amônia, reagentes e produtos podem coexistir em um estado denominado **equilíbrio químico**, assim representado:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

Neste capítulo, abordaremos a razão pela qual, à temperatura constante, as concentrações de reagentes e produtos não se alteram ao longo do tempo quando uma reação está em equilíbrio químico.

1. Equilíbrio dinâmico

Neste capítulo, estudaremos o que é equilíbrio químico e quais são os princípios científicos que regem esse fenômeno.

Como uma abordagem inicial, em que a preocupação é apenas qualitativa, consideremos um equipamento de vidro chamado funil de separação, em cujo interior foi colocada uma amostra de solução aquosa de iodo (I_2), conforme esquematizado na Figura 1.A. O iodo é pouquíssimo solúvel em água e, dissolvido nela, confere uma leve coloração amarela à solução aquosa.

O hexano (C_6H_{14}) é um líquido incolor, imiscível com água e menos denso que ela. O iodo apresenta alta solubilidade nesse solvente orgânico, e a solução resultante apresenta coloração violeta, cuja tonalidade é tanto mais intensa quanto maior a concentração de iodo dissolvido.

Se hexano for adicionado ao sistema anteriormente descrito (Fig. 1.A), constituirá uma fase superior (Fig. 1.B). Nos instantes seguintes, verifica-se o surgimento de coloração violeta nessa fase, que se intensifica com o passar do tempo (Fig. 1.C). Isso é explicado pela passagem de iodo, da fase aquosa para a fase orgânica, que pode ser assim representada:

$$I_2(aq) \rightarrow I_2(hexano)$$

Utilizando um equipamento apropriado para medir a intensidade da cor da fase superior em função do tempo, verifica-se que ela aumenta progressivamente até atingir determinada tonalidade em que se estabiliza e não aumenta mais (Fig. 1.D). A princípio, pode-se pensar que o iodo passou completamente para a fase orgânica, mas a remoção de uma amostra da fase aquosa para análise química revela que ainda há baixa concentração de iodo nela.

A partir do momento em que a coloração da fase superior passa a ser constante, não importa quanto tempo adicional transcorra: as evidências experimentais revelam que a concentração de iodo em cada uma das fases permanecerá constante, sendo bem maior na fase superior que na inferior.

Essa constância das concentrações é atribuída à ocorrência simultânea de dois processos, a transferência de iodo da fase inferior para a superior,

$$I_2(aq) \rightarrow I_2(hexano),$$

e a transferência de iodo da fase superior para a inferior,

$$I_2(hexano) \rightarrow I_2(aq),$$

os dois processos ocorrendo com a **mesma velocidade**.

Essa é uma situação de **equilíbrio dinâmico**; **equilíbrio** porque as concentrações permanecem constantes, e **dinâmico** porque a transferência do iodo entre as fases não cessa, mas ocorre nos dois sentidos com a mesma rapidez. Isso significa que, se *x* moléculas de I_2 se transferem da fase aquosa para a fase de hexano em certo intervalo de tempo, então *x* moléculas de I_2 se transferem da fase de hexano para a fase aquosa nesse mesmo intervalo.

Esse equilíbrio é assim representado:

$$I_2(aq) \rightleftharpoons I_2(hexano)$$

Uma evidência experimental de que não se trata de um processo estático (estacionário, sem transferência de iodo de uma fase para outra), mas dinâmico, pode ser obtida em laboratórios adequadamente equipados para estudos envolvendo substâncias radioativas em solução. Os átomos de iodo existentes na natureza são do isótopo iodo-127 ($^{127}_{53}I$), que não é radioativo, mas existe um isótopo radioativo, o iodo-131 ($^{131}_{53}I$), que é produzido artificialmente para uso em diagnósticos médicos e estudos laboratoriais. A química Mary Lowe Good (1931-2019) (Figura 2) utilizou o isótopo radioativo iodo-131 para estudar a

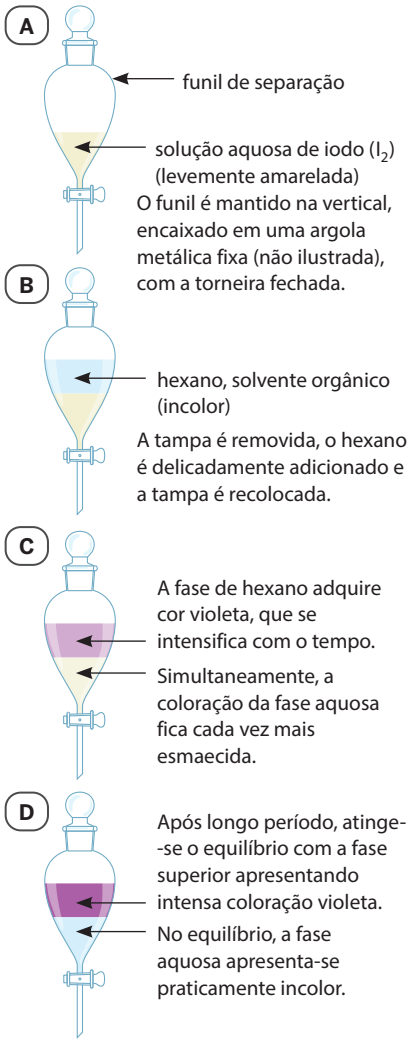


Figura 1. Esquematização do experimento comentado no texto, em que iodo se distribui entre uma fase aquosa e uma fase de hexano. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

ARQUIVO DA FAMÍLIA

Figura 2. A química estadunidense Mary Lowe Good, em foto da década de 2000. Ela foi a primeira mulher eleita presidente de uma divisão da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada); no caso, a Divisão de Química Inorgânica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

distribuição de iodo molecular (I_2) em equilíbrio entre duas fases, uma de solvente aquoso e outra de solvente orgânico.

Se uma pequenina amostra de I_2 radiativo, constituída de moléculas contendo o isótopo iodo-131, é introduzida na fase superior da Figura 1.D e, algum tempo depois, uma amostra da fase inferior é coletada, verifica-se experimentalmente que essa amostra é radioativa. Isso indica que, no sistema em equilíbrio, há intercâmbio de moléculas entre as fases, ou seja, o equilíbrio é dinâmico.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. A representação
1. d
I_2 (dissolvido em água) $\rightleftharpoons$ I_2 (dissolvido em hexano) ou, simplificadamente,

$$I_2\,(aq) \rightleftharpoons I_2\,(hexano)$$

indica que:

a. O iodo está dissolvido em água ou está dissolvido em hexano, mas não nos dois simultaneamente.

b. Existe um equilíbrio estático (isto é, "parado", "sem movimentação") entre iodo aquoso e iodo dissolvido em hexano, ou seja, não ocorre transferência de iodo entre as fases.

c. O iodo oscila entre duas situações: totalmente dissolvido em água ou totalmente dissolvido em hexano.

d. Existe um equilíbrio dinâmico entre iodo aquoso e iodo dissolvido em hexano.

2. Quando **existe** o equilíbrio
2. c

$$I_2\,(aq) \rightleftharpoons I_2\,(hexano),$$

a velocidade de transferência do iodo do meio aquoso para o solvente orgânico é ■ velocidade de transferência do iodo do solvente orgânico para o meio aquoso. Uma maneira correta de completar a lacuna da frase é com a expressão:

a. provavelmente igual à

b. provavelmente maior que a

c. necessariamente igual à

d. necessariamente menor que a

3. A partir do instante de tempo em que se estabelece o
3. e
equilíbrio

$$I_2\,(aq) \rightleftharpoons I_2\,(hexano),$$

a concentração de iodo na fase aquosa e a concentração de iodo na fase orgânica:

a. aumenta e diminui, respectivamente.

b. diminui e aumenta, respectivamente.

c. aumentam.

d. diminuem.

e. não se alteram.

4. A 0 °C e 1 atm de pressão, a água pura estabelece o equilíbrio assim equacionado:

$$H_2O\,(s) \rightleftharpoons H_2O\,(l)$$

Na vigência desse equilíbrio, o que se pode afirmar sobre a rapidez da fusão (processo direto) e a rapidez de solidificação (processo inverso)?

5. No equilíbrio mencionado na atividade anterior, pode-se afirmar com certeza que a quantidade de água na fase sólida é igual à quantidade de água na fase líquida?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

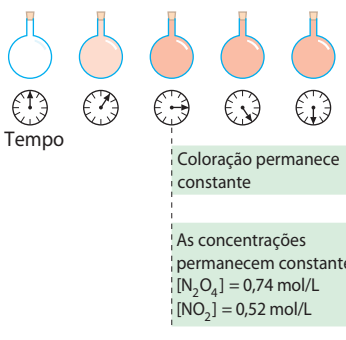
2. Equilíbrio químico

A ocorrência de equilíbrio dinâmico entre os reagentes e os produtos de uma reação química é bastante frequente e de grande relevância para a compreensão de diversos fenômenos químicos. Para abordá-la, consideremos dois experimentos.

Em um deles, realizado à temperatura fixa de 100 °C, coloca-se 1,00 mol de N_2O_4 gasoso (composto químico incolor) em um recipiente de 1,00 L. Nessas condições, o N_2O_4 transforma-se em NO_2, substância gasosa de coloração castanha:

$$\underset{\text{incolor}}{N_2O_4\,(g)} \rightarrow \underset{\text{castanho}}{2\,NO_2\,(g)}$$

Observa-se que, com o passar do tempo, surge uma coloração castanha no interior do frasco, que se torna cada vez mais intensa até que, a partir de certo instante de tempo, permanece constante. Nessa situação de coloração constante, uma análise química revela que, além do NO_2 produzido, ainda resta N_2O_4 dentro do recipiente (Fig. 3).



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Esquema do primeiro experimento do texto, que começa com N_2O_4. (Tempo em unidade arbitrária. Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Antes de iniciar a abordagem do item 2, relembre aos estudantes (do Capítulo 12) que, se conhecermos a quantidade de matéria de uma espécie química que está homogeneamente dispersa em determinado volume, podemos expressar a **concentração em quantidade de matéria**, ou **concentração em mol/L**, dessa espécie por meio da divisão de sua quantidade (*n*), em mol, pelo volume (*V*), em L. Representa-se essa grandeza (conforme já fizemos no Capítulo 14) escrevendo a fórmula da espécie entre colchetes: [espécie] = $\frac{n}{V}$.

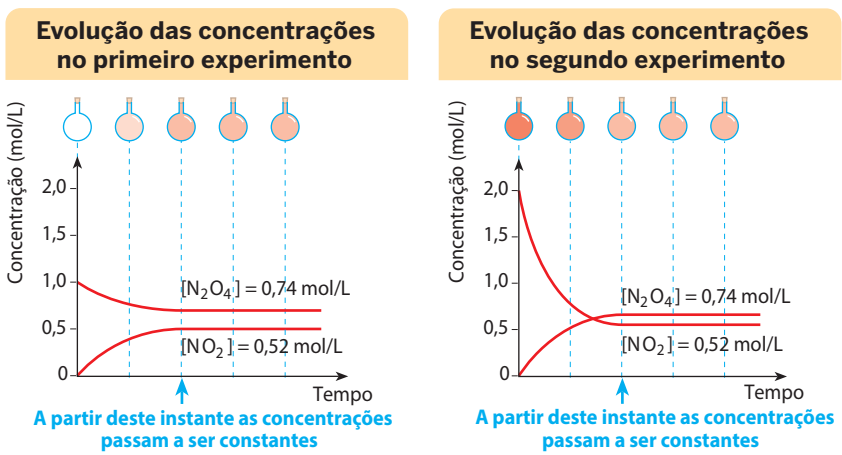
Em outro experimento, também à temperatura constante de 100 °C, colocam-se 2,00 mol de NO_2 em um recipiente de 1,00 L. Com o passar do tempo, a intensidade da coloração castanha diminui gradualmente, o que se deve à transformação do NO_2 em N_2O_4:

$$\underset{\text{castanho}}{2\,NO_2\,(g)} \rightarrow \underset{\text{incolor}}{N_2O_4(g)}$$

Contudo, a coloração não desaparece por completo, permanecendo constante após determinado instante de tempo. Uma análise química, feita com a mistura nessa situação de coloração constante, revela a presença de N_2O_4 e NO_2 (Fig. 4).

Comparando os resultados dos dois experimentos, pode-se perceber que, à temperatura de 100 °C, tanto o sistema contendo inicialmente 1,00 mol/L de N_2O_4 (primeiro experimento) quanto aquele inicialmente constituído por 2,00 mol/L de NO_2 (segundo experimento) alteram-se ao longo do tempo e convergem para uma situação final na qual há 0,74 mol/L de N_2O_4 e 0,52 mol/L de NO_2. Nem a transformação de $N_2O_4\,(g)$ em $NO_2\,(g)$ nem a transformação de $NO_2\,(g)$ em $N_2O_4\,(g)$ se processaram completamente nessas condições (Fig. 5).

Se, ao realizar esses dois experimentos, for empregado equipamento adequado para medir a concentração (em mol/L) de $N_2O_4\,(g)$ e de $NO_2\,(g)$ em diferentes instantes, podem ser construídos gráficos dessas concentrações em função do tempo (Fig. 6).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 6. Gráficos de concentração, em mol/L, em função do tempo, em unidade arbitrária, para o primeiro (A) e o segundo (B) experimentos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

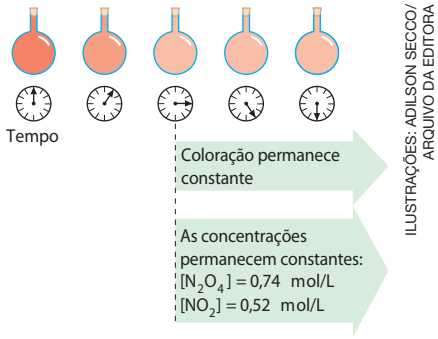
Nos dois experimentos, foi atingida uma situação de **equilíbrio químico** entre N_2O_4 e NO_2, assim representada:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$

Quando esse equilíbrio químico é estabelecido, **as concentrações de reagente e de produto permanecem constantes porque tanto a reação direta**, $N_2O_4\,(g) \rightarrow 2\,NO_2\,(g)$, **quanto a reação inversa**, $2\,NO_2\,(g) \rightarrow N_2O_4\,(g)$, **ocorrem com a mesma rapidez**.

$$N_2O_4\,(g) \underset{\text{reação inversa}}{\overset{\text{reação direita}}{\rightleftharpoons}} 2\,NO_2\,(g)$$

É importante notar que o **equilíbrio químico é uma situação de equilíbrio dinâmico**, pois as reações direta e inversa não param de ocorrer, mas se processam com a mesma rapidez. Também é relevante perceber que o reagente, $N_2O_4\,(g)$, e o produto, $NO_2\,(g)$, **coexistem** (existem simultaneamente) em uma única fase gasosa presente dentro do recipiente.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 4. Esquema do segundo experimento do texto, que começa com NO_2. (Tempo em unidade arbitrária. Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. Frasco fechado contendo os gases N_2O_4 e NO_2 em equilíbrio químico. O N_2O_4 é incolor e o NO_2, castanho. O equilíbrio pode ser atingido começando com qualquer uma dessas duas substâncias.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Constante de equilíbrio

Uma pergunta que pode surgir após estudar o item anterior é: por que nem a reação direta nem a reação inversa ocorrem totalmente?

A resposta foi fornecida pela termodinâmica química, ramo da Ciência que, entre outros objetos de estudo, investiga a estabilidade das substâncias químicas e também a dos sistemas constituídos por mais de uma substância. As contribuições de muitos pesquisadores atuantes nessa área possibilitaram esclarecer como a estabilidade química de um sistema se modifica durante a ocorrência de uma reação envolvendo espécies químicas presentes nesse sistema.

O gráfico da Figura 7, fundamentado na termodinâmica química, refere-se aos dois experimentos comentados no item anterior, realizados a 100 °C. O ponto **A** representa a composição inicial do interior do frasco no primeiro experimento, e o ponto **B** representa a composição inicial no segundo experimento.

No eixo das ordenadas (vertical), está representada a instabilidade (que aumenta para cima) e a estabilidade (que é o oposto da instabilidade e, portanto, aumenta para baixo) dos sistemas à medida que sua composição se altera devido à transformação do N_2O_4 em NO_2 ou do NO_2 em N_2O_4, expressa no eixo das abscissas (horizontal). Cada ponto na curva representa uma diferente mistura de N_2O_4 (g) e NO_2 (g). Tanto o sistema do ponto **A** quanto o sistema do ponto **B** tendem, com o passar do tempo, a convergir para o ponto **C**, pois essa é a situação de maior estabilidade possível que pode ser atingida a partir das situações iniciais em questão. O ponto **C** representa a situação de equilíbrio químico.

Equilíbrio químico e estabilidade

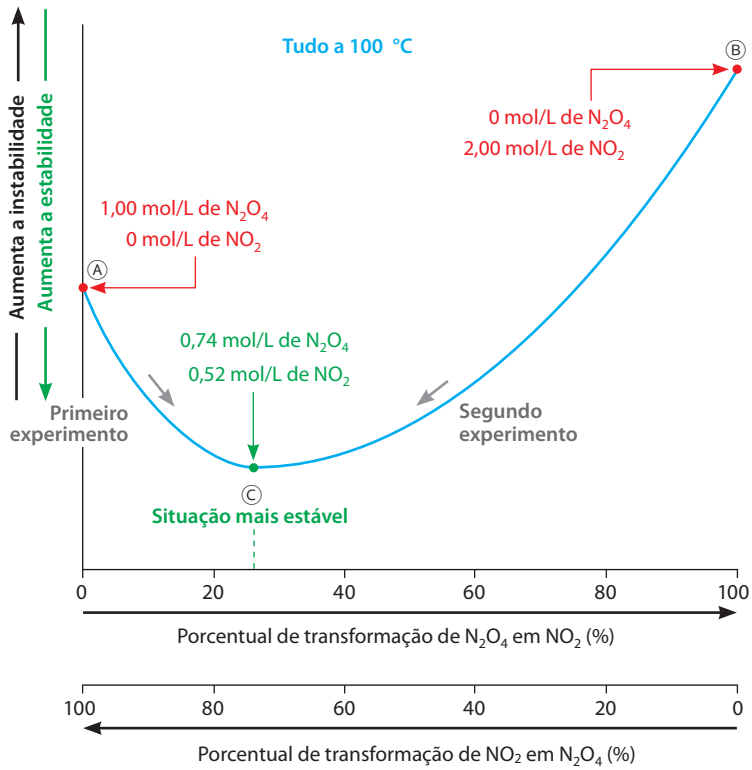


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

A grandeza numérica representada no eixo das ordenadas é a **energia livre de Gibbs** (*G*), que não é mencionada aos estudantes por estar além do escopo deste livro. O nome e o símbolo são alusão ao cientista estadunidense Josiah Willard Gibbs (1839-1903), que, fundamentado nos trabalhos de outros pesquisadores, propôs essa grandeza. Os sistemas físico-químicos tendem a passar por transformações que conduzam ao menor valor possível de *G* (maior estabilidade termodinâmica), que é a situação de equilíbrio químico. Valores de *G*, contudo, não informam a rapidez com que isso ocorrerá.

Fonte: elaborado a partir de ATKINS, P.; PAULA, J.; KEELER, J. **Physical Chemistry**. 12. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023. p. 207.

Figura 7. Representação gráfica do avanço para o equilíbrio (a 100 °C) nos dois experimentos comentados no texto. O texto também explica o significado dos pontos **A**, **B** e **C** destacados.

Assim, a explicação para o estabelecimento do equilíbrio químico, nos dois experimentos comentados no item 2, é que o sistema em equilíbrio é mais estável, sob o ponto de vista da termodinâmica química, que um sistema em que haja apenas reagente ou apenas produto.

A termodinâmica química **não** fornece informações sobre a rapidez com que um sistema atingirá o equilíbrio, mas permite realizar cálculos para saber qual será a constituição do sistema em equilíbrio, o que é feito utilizando o conceito de **constante de equilíbrio**.

Para apresentar esse conceito, considere a Tabela 1, que resume os dados referentes a 12 experimentos em que se atinge o equilíbrio N_2O_4 (g) $\rightleftharpoons$ 2 NO_2 (g) a partir de diferentes concentrações iniciais de N_2O_4 (g) e/ou de NO_2 (g), a 100 °C.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tabela 1. Dados de diferentes experimentos, realizados a 100 °C, em que se estabelece o equilíbrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$

Experimento	No início		No equilíbrio		Resultado de $\frac{[NO_2]^2_{equilíbrio}}{[N_2O_4]_{equilíbrio}}$
	$[N_2O_4]_{inicial}$ (mol/L)	$[NO_2]_{inicial}$ (mol/L)	$[N_2O_4]_{equilíbrio}$ (mol/L)	$[NO_2]_{equilíbrio}$ (mol/L)	
1	1,0000	0	0,7416	0,5168	0,36
2	2,0000	0	1,6180	0,7640	0,36
3	3,0000	0	2,5230	0,9540	0,36
4	4,0000	0	3,4433	1,1134	0,36
5	0	1,0000	0,3281	0,3438	0,36
6	0	2,0000	0,7416	0,5168	0,36
7	0	3,0000	1,1748	0,6504	0,36
8	0	4,0000	1,6180	0,7640	0,36
9	1,0000	1,0000	1,1748	0,6504	0,36
10	1,0000	2,0000	1,6180	0,7640	0,36
11	2,0000	2,0000	2,5230	0,9540	0,36
12	0,8000	0,4000	0,7416	0,5168	0,36

Interprete a tabela com os estudantes. Evidencie que dois dos experimentos (os das linhas **1** e **6**) correspondem àqueles anteriormente discutidos no texto. Os demais são variantes com diferentes concentrações iniciais e que conduzem a diferentes situações de equilíbrio. Contudo, não importando quais sejam as concentrações iniciais, o sistema, a 100 °C, avança para uma situação em que o cálculo $[NO_2]^2/[N_2O_4]$, realizado com **valores do equilíbrio**, fornece resultado constante, que é a **constante de equilíbrio** da reação $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$, a 100 °C.

Fonte: tabela elaborada a partir de MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. **Princípios de Química**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990. p. 320-321.

Cada um dos 12 experimentos da Tabela 1 difere dos demais nas concentrações iniciais de N_2O_4 e/ou NO_2. Em cada um deles, o equilíbrio é atingido com concentrações desses dois gases que, à primeira vista, podem não aparentar nenhuma regularidade lógica. Contudo, a última coluna da tabela evidencia qual é a regularidade que foi percebida pelos cientistas: existe um cálculo, realizado com as concentrações de equilíbrio $[NO_2]$ e $[N_2O_4]$ que resulta sempre no mesmo valor (que é 0,36) para todos os 12 experimentos na temperatura de 100 °C. Esse valor é denominado **constante de equilíbrio em função das concentrações** e é representado por K_C.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g) \qquad K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

O significado dessa expressão é que, a uma dada temperatura fixa, quando a reação estiver em equilíbrio químico, **as concentrações** de NO_2 e N_2O_4 **no equilíbrio** obedecem a uma relação matemática: o resultado do cálculo $[NO_2]^2/[N_2O_4]$ é igual a um valor numérico fixo, representado por K_C. Para a reação em questão, a 100 °C, esse valor é 0,36. Em outra temperatura, esse valor será diferente. Por exemplo, a 150 °C, o valor numérico de K_C para essa reação é 3,2. Outros valores são apresentados na Tabela 2.

A investigação de muitas reações possibilitou generalizar o conceito de constante de equilíbrio. Para uma reação química em equilíbrio cuja equação seja:

$$a\,A + b\,B \rightleftharpoons c\,C + d\,D,$$

em que A e B são as fórmulas que representam os reagentes, C e D são as fórmulas que representam os produtos, e *a*, *b*, *c* e *d* são os coeficientes estequiométricos da equação corretamente balanceada, a expressão matemática da constante de equilíbrio em função das concentrações é:

$$K_C = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

$[C]$ e $[D]$: concentrações, em mol/L, dos **produtos** no equilíbrio
$[A]$ e $[B]$: concentrações, em mol/L, dos **reagentes** no equilíbrio

Tabela 2. Valores numéricos de K_C para a reação $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$

T (K)*	T (°C)	K_C
273	0	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$
323	50	$2{,}2 \cdot 10^{-2}$
373	100	$3{,}6 \cdot 10^{-1}$
423	150	3,2
500	227	$4{,}6 \cdot 10^{1}$
600	327	$4{,}6 \cdot 10^{2}$

* O valor numérico da temperatura expressa na escala kelvin (K) é igual ao valor numérico da temperatura expressa na escala Celsius (°C) acrescido de 273: $T/K = T/°C + 273$.

Fontes: MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.* p. 321, 333; MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. **Chemistry**: the molecular science. 5. ed. Stamford: Cengage, 2015. p. 557.

Tabela 3. Valores numéricos de K_C para a reação $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g)$

T (K)	T (°C)	K_C
298	25	$4{,}5 \cdot 10^{-31}$
900	627	$6{,}7 \cdot 10^{-10}$
2.300	2.027	$1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Fonte: MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.* p. 553.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Cf. LEVINE, I. N. **Físico-Química**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. v. 1; ou COHEN, E. R. *et al.* **Grandezas, unidades e símbolos em Físico-Química**. (Livro Verde da IUPAC.) 1. ed. São Paulo: SBQ, 2018.

Cada reação possui sua própria expressão para a constante de equilíbrio. O valor numérico dessa constante é um número real positivo **característico da reação, a uma dada temperatura** (Tabela 2).

Mais dois exemplos da expressão matemática de K_C são mostrados a seguir, e os valores numéricos dessas constantes de equilíbrio, em diferentes temperaturas, estão nas Tabelas 3 e 4. Perceba, por essas tabelas, que, para uma mesma reação, variações de temperatura afetam o valor de K_C.

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) \qquad K_C = \frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [O_2]}$$

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g) \qquad K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$$

As concentrações que aparecem em K_C têm unidade mol/L. Assim, dependendo da expressão matemática, a constante de equilíbrio, **tal como definida anteriormente**, pode ter diferentes unidades, tais como $(mol/L)^2$, $(mol/L)^1$ ou $(mol/L)^{-1}$.*

O valor de K_C **não** fornece qualquer informação sobre quanto tempo levará para um sistema atingir o equilíbrio. Pode ser que essa situação seja alcançada em fração de segundo, mas pode levar minutos, horas, dias, séculos. Algumas reações são tão lentas que, embora possa haver tendência termodinâmica a convergir para o equilíbrio, para efeitos práticos a reação não se processa com rapidez observável.

* Uma ressalva: no Ensino Superior, dentro dos estudos de termodinâmica química, K_C **pode** ser definida de modo a ser sempre adimensional, sendo nesse caso representada por $K_C^{\ominus}$.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Tabela 4. Valores numéricos de K_C para a reação $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$

T (K)	T (°C)	K_C
500	227	$1{,}7 \cdot 10^2$
600	327	4,5
700	427	$3{,}0 \cdot 10^{-1}$

Fonte: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. **Chemistry**: the Molecular Nature of Matter and Change. 9. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2021. p. 787.

Dialogando com o texto

Considerando que, na expressão de K_C, as concentrações estão em mol/L, verifique, para as três reações em equilíbrio químico assim equacionadas:

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$

$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g)$

$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$

qual deve ser a unidade resultante para K_C.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

6. Considerando os equilíbrios químicos equacionados a seguir, elabore, para cada um, a expressão matemática da constante de equilíbrio em função das concentrações.

a. $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$

b. $2\,NO_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) + O_2(g)$

c. $2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g)$

7. A 100 °C, um sistema contendo inicialmente apenas $N_2O_4(g)$, em um recipiente fechado de volume constante, avançou para a situação de equilíbrio químico de acordo com os dados de concentração em quantidade de matéria em função do tempo mostrados no gráfico a seguir.

Variação das concentrações com o tempo no sistema considerado

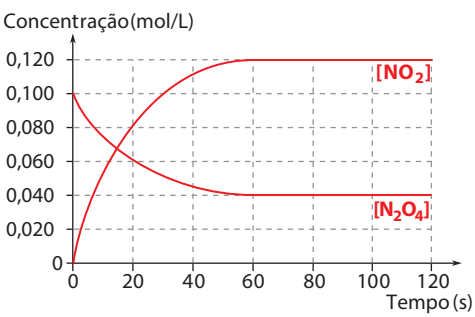


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.* p. 320.

a. Avalie, pelo gráfico, em que instante de tempo o equilíbrio químico se estabeleceu.

b. Quais são as concentrações dos dois gases, uma vez estabelecido o equilíbrio químico?

c. Determine o valor numérico da constante de equilíbrio em função das concentrações (K_C) para o equilíbrio equacionado a seguir, a 100 °C, e mostre como chegou a esse valor.

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g) \qquad K_C = ?$$

d. Como varia numericamente a concentração de cada um dos gases, da situação inicial até o equilíbrio químico ser atingido? O que se pode afirmar sobre a proporção entre essas duas variações? Que relação existe entre essa proporção e os coeficientes estequiométricos da equação química que representa a reação? Explique.

8. Consulte a Tabela 2 deste capítulo e verifique se sua resposta ao item **c** da atividade anterior está de acordo com o que nela está apresentado. Em caso afirmativo, explique por que há concordância. Em caso negativo, justifique o motivo da não concordância.

9. Em uma das etapas de fabricação do ácido sulfúrico, ocorre a transformação de dióxido de enxofre em trióxido de enxofre:

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g)$$

Se, em determinadas condições de pressão e temperatura, existirem em equilíbrio, em um recipiente de 4,0 L, 0,80 mol de SO_2, 1,25 mol de O_2 e 2,0 mol de SO_3, determine o valor numérico de K_C, nessas condições. Perceba que a situação descrita inclui dados sobre as quantidades no equilíbrio, em mol, e o volume, mas não as concentrações em mol/L. É necessário calculá-las.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

CONTINUAÇÃO

10. O fosgênio é um gás tóxico, utilizado em alguns processos laboratoriais e industriais, que pode ser obtido pelo processo a seguir, a 530 °C:

$$CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$$

Se, em um recipiente de 30 dm^3, participam do equilíbrio 2 mol de monóxido de carbono, 5 mol de cloro e 15 mol de fosgênio, determine o valor numérico de K_C. Lembre-se de que 1 dm^3 = 1 L.

11. Dentro de um recipiente fechado contendo inicialmente apenas NO_2, ocorre o processo equacionado a seguir, a temperatura constante:

$$2\,NO_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) + O_2(g)$$

As concentrações dos participantes foram monitoradas com o passar do tempo, tendo sido feito o gráfico a seguir, no qual o tempo está em unidade arbitrária.

Concentrações em função do tempo

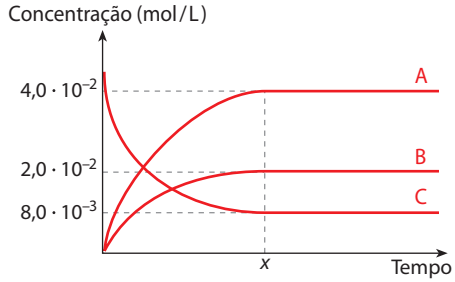


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

a. Associe as curvas **A**, **B** e **C** aos participantes da reação.

b. Que ocorre de especial no tempo *x*?

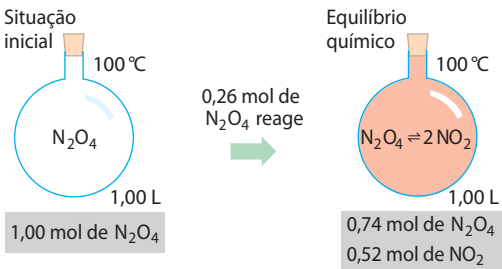
c. A partir de dados extraídos do gráfico, mostre como se pode determinar o valor numérico da constante de equilíbrio em função das concentrações para a reação em questão, na temperatura em que o experimento foi realizado.

4. Outros aspectos conceituais dos equilíbrios

Grau de equilíbrio

Voltemos ao caso do primeiro experimento do item 2 (Fig. 8). Nele, a quantidade de N_2O_4 que efetivamente foi consumida até atingir o equilíbrio (0,26 mol) representa 26% da quantidade inicial (1,00 mol). Essa porcentagem é chamada **grau de equilíbrio** e simbolizada por α. No exemplo em questão:

$$\alpha = \frac{0{,}26\ \text{mol}}{1{,}00\ \text{mol}} = 0{,}26 = 26\%$$



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 8. Representação esquemática do primeiro experimento comentado no item 2 deste capítulo (a 100 °C). (Fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

O grau de equilíbrio é um número entre 0 e 1 (ou seja, entre 0% e 100%), que expressa o avanço da reação até atingir a situação de equilíbrio químico (Fig. 9).

Grau de equilíbrio e estabilidade

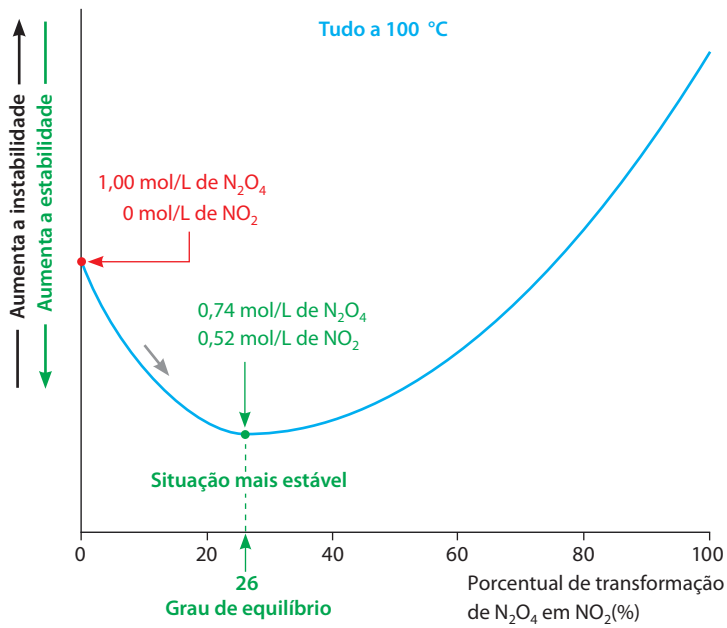


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de ATKINS, P.; PAULA, J.; KEELER, J. **Physical Chemistry**. 12. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023. p. 207.

Figura 9. Representação gráfica do experimento esquematizado na Figura 8.

Equilíbrios homogêneos e equilíbrios heterogêneos

Equilíbrios químicos **homogêneos** são aqueles em que todas as espécies químicas participantes (reagentes e produtos) estão em uma mesma fase, constituindo, portanto, um sistema homogêneo. É o caso de $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$, comentado no item 2.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Outros exemplos são equacionados a seguir; o primeiro deles corresponde à síntese industrial da amônia e o segundo à ionização do ácido acético em meio aquoso (equilíbrio químico existente no vinagre):

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

Quando um equilíbrio ocorre em solução diluída e o solvente participa do equilíbrio, como reagente ou produto, a concentração desse solvente **não deve** ser incluída* na expressão matemática de K_C. Assim, para o último exemplo:

$$K_C = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

Equilíbrios químicos **heterogêneos** são aqueles em que as espécies participantes estão em mais de uma fase, constituindo, portanto, um sistema heterogêneo. Exemplos são os equilíbrios de decomposição do carbonato de cálcio e de dissociação do hidróxido de magnésio em água, equacionados a seguir:

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

$$Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Uma espécie química sólida que participe de um equilíbrio, como reagente ou produto, também **não deve** ser incluída* na expressão de K_C. Para esses últimos dois equílibrios, temos, respectivamente, $K_C = [CO_2]$ e $K_C = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$.

Favorecimento dos produtos no equilíbrio

Considere dois equilíbrios químicos e seus valores de K_C, a 25 °C:

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3(g) \qquad K_C = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \cdot [O_2]} = 9{,}9 \cdot 10^{+25} >> 1$$

Lê-se a representação ">>" como "muito maior que".

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) \qquad K_C = \frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [O_2]} = 4{,}5 \cdot 10^{-31} << 1$$

Lê-se a representação "<<" como "muito menor que".

O primeiro apresenta valor numérico de K_C muito maior que 1, o que revela que o numerador da fração é muito maior que o denominador. Consequentemente, no equilíbrio, haverá muito mais produto do que reagente. Nessa reação, a formação de produto é muito favorecida.

Já no segundo equilíbrio, o valor de K_C é muito menor que 1. O denominador é muito maior que o numerador e, no equilíbrio, haverá muito menos produto do que reagente. Nesse caso, a formação de produto é pouco favorecida.

A espontaneidade de uma reação química pode ser avaliada por meio de duas grandezas da termodinâmica química relacionadas: a variação de energia livre de Gibbs (ΔG) e a constante de equilíbrio (K).
A relação entre elas é dada pela expressão: $\Delta G = -RT\ln K$ (cf. LEVINE, I. N. **Físico-Química**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. v. 1; ou ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico-Química**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. v. 1).
A análise da expressão mostra que:
- $\Delta G > 0 \Leftrightarrow K < 1$ (reação **não** espontânea);
- $\Delta G = 0 \Leftrightarrow K = 1$;
- $\Delta G < 0 \Leftrightarrow K > 1$ (reação **espontânea**).

Essa relação abona o tratamento da espontaneidade empregando constantes de equilíbrio (em vez de ΔG). Além disso, a expressão mostra que, quanto maior for o valor em módulo de um ΔG negativo (reação **espontânea**), maior será a constante de equilíbrio, $K >> 1$, e mais espontânea será a reação. Assim, podemos dizer que a primeira reação é espontânea e a segunda não é.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

12. Nesta atividade, vamos revisitar um experimento que já foi tema de outra atividade deste mesmo capítulo. No experimento, um sistema mantido a 100 °C, contendo inicialmente apenas $N_2O_4(g)$, em um recipiente fechado de volume constante, avançou para a situação de equilíbrio químico de acordo com os dados de concentração em quantidade de matéria em função do tempo mostrados no gráfico a seguir.

Demonstre, fundamentado no gráfico, como calcular o porcentual de conversão de $N_2O_4(g)$ em $NO_2(g)$, da situação inicial até a de equilíbrio químico (a 100 °C, temperatura em que foi realizado o experimento), chamado **grau de equilíbrio** (α).

Variação das concentrações com o tempo no sistema considerado

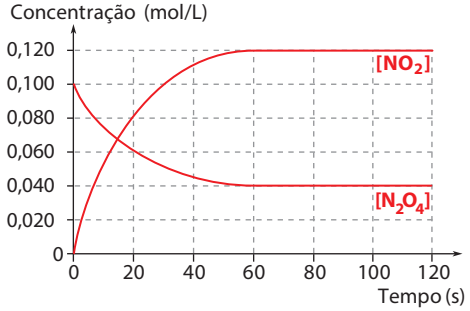


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.* p. 320.

* Uma justificativa conceitualmente correta para esse procedimento requer ferramentas conceituais da termodinâmica química, e, por isso, não há como apresentá-la aqui.

CONTINUA

13. Em um recipiente de 1 L, mantido a determinada temperatura, são introduzidos 5,0 mol de N_2O_4 que se transformam em NO_2:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g).$$

Uma vez atingido o equilíbrio, resta no sistema 1,3 mol de reagente. Mostre como determinar o valor numérico da constante de equilíbrio em função das concentrações para essa reação, referente à temperatura em que o experimento foi realizado.

14. Demonstre como, a partir das informações da atividade anterior, pode-se determinar o grau de equilíbrio para a reação química na qual N_2O_4 se transforma em NO_2, na temperatura do experimento.

15. Um gráfico de concentração em função do tempo pode ser usado para descrever como um sistema, que inicialmente é constituído apenas de reagente(s), avança até o estabelecimento do equilíbrio químico. Considerando o processo descrito na atividade 13, esboce um gráfico das concentrações de N_2O_4 e NO_2 em função do tempo, expresso em unidade arbitrária.

16. Em um recipiente rígido e fechado de capacidade 2,0 L são colocados 8,0 mol de CO e 8,0 mol de Cl_2 para tomarem parte no processo equacionado a seguir, a temperatura constante:

$$CO\,(g) + Cl_2\,(g) \rightleftharpoons COCl_2\,(g)$$

Partindo da informação de que o grau de equilíbrio é 75%, mostre como é possível determinar o valor numérico da constante de equilíbrio em função das concentrações para a reação em questão, na temperatura do experimento.

17. Esboce um gráfico de concentração, em mol/L, em função do tempo (em unidade arbitrária) para os três participantes do processo descrito na atividade anterior.

18. Coloca-se 1,0 mol de $N_2O_4(g)$ em um frasco fechado e espera-se o sistema atingir o equilíbrio químico:

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g).$$

Em qual das temperaturas listadas na tabela a seguir haverá maior concentração de produto no equilíbrio? Explique.

Valores numéricos de K_C para a reação $N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$ em algumas temperaturas

T (K)	T (°C)	K_C
273	0	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$
323	50	$2{,}2 \cdot 10^{-2}$
373	100	$3{,}6 \cdot 10^{-1}$
423	150	3,2
500	227	$4{,}6 \cdot 10^{1}$
600	327	$4{,}6 \cdot 10^{2}$

Fontes: MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.* p. 321, 333; MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.* p. 557.

19. Colocam-se 10 mol de $N_2(g)$ e 30 mol de $H_2(g)$ em um frasco fechado, na presença de um catalisador apropriado, a fim de que se estabeleça o equilíbrio químico $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$.

Admitindo que esse equilíbrio possa se estabelecer em qualquer uma das temperaturas listadas na tabela a seguir, em qual delas haverá maior concentração de amônia no equilíbrio? Justifique.

Valores numéricos de K_C para a reação de síntese da amônia em algumas temperaturas

T (K)	T (°C)	K_C
500	227	$1{,}7 \cdot 10^{2}$
600	327	4,5
700	427	$3{,}0 \cdot 10^{-1}$
800	527	$4{,}0 \cdot 10^{-2}$

Fonte: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Op. cit.* p. 787.

20. A tabela relaciona os valores de K_C para alguns equilíbrios, a 25 °C:

Valor numérico de algumas constantes de equilíbrio

	Equilíbrio	K_C
I.	$2\,SO_2\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3\,(g)$	$9{,}9 \cdot 10^{+25}$
II.	$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3\,(g)$	$4{,}2 \cdot 10^{+8}$
III.	$H_2\,(g) + I_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,HI\,(g)$	$7{,}9 \cdot 10^{+2}$
IV.	$N_2\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO\,(g)$	$1{,}0 \cdot 10^{-30}$

Fonte: ATKINS, P. *et al*. **Chemical principles**: the quest for insight. 8. ed. Nova York: Macmillan, 2023. p. 421.

Considere que esses **equilíbrios tenham sido atingidos** a partir dos reagentes em quantidades estequiométricas (isto é, quantidades que obedecem à proporção dos coeficientes). Em qual deles haverá:

a. maior concentração de **produto** em relação a reagente?

b. maior concentração de **reagente** em relação a produto?

21. A 150 °C, o equilíbrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$ apresenta $K_C = 3{,}2$. Nessa temperatura, foram feitas misturas dos gases N_2O_4 e NO_2, cada uma em um frasco numerado. No exato momento em que essas misturas foram feitas, as concentrações de cada gás são as mostradas na tabela:

Composição de quatro misturas, a 150 °C

Frasco	$[N_2O_4]$ (mol/L)	$[NO_2]$ (mol/L)
1	1,0	1,0
2	4,0	4,0
3	0,20	0,80
4	0,050	0,40

Fonte: elaborada pelos autores.

Em qual(is) dessas quatro misturas, no momento em que foram feitas, pode-se afirmar que já existe o equilíbrio químico $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$? Apresente argumentos que sustentem sua resposta.

22. Nas misturas da atividade anterior que ainda não estão em equilíbrio químico, o que se pode deduzir que acontecerá, com o passar do tempo, com as concentrações de $N_2O_4(g)$ e $NO_2(g)$? Justifique em que se fundamenta sua previsão.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Deslocamento de equilíbrio por variação da concentração de um participante

É possível alterar uma situação de equilíbrio químico por meio de determinadas ações, tais como a alteração da concentração de algum reagente ou produto por adição ou remoção dessa substância, a temperatura e volume constantes; ou a modificação mecânica da pressão por alteração do volume do sistema, à temperatura constante; ou, ainda, a mudança de temperatura, a volume constante.

Essas ações têm como consequência um **deslocamento do equilíbrio**, conceito que esclareceremos, a seguir, mediante a apresentação e a análise de casos significativos.

Considere que, em um recipiente de volume constante 1,00 L, mantido a 100 °C, coloquemos 1,00 mol de N_2O_4. Nesse sistema, inicialmente não há o equilíbrio $N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$, pois não existe $NO_2\,(g)$. Com o passar do tempo, o N_2O_4 se transforma em NO_2, até o equilíbrio químico ser atingido, no qual teremos:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$
$$0{,}74\ \text{mol/L} \quad 0{,}52\ \text{mol/L} \quad \text{(equilíbrio químico)}$$

e o resultado do cálculo $[NO_2]^2/[N_2O_4]$, efetuado com essas concentrações, será 0,36, ou seja, igual ao valor numérico de K_C. (Recorde, do item 3, que o valor numérico de K_C para esse equilíbrio, a 100 °C, é 0,36.)

Suponha que, nesse sistema em equilíbrio, a temperatura e volume constantes, seja adicionado 1,00 mol de N_2O_4. Imediatamente após essa adição, a concentração de N_2O_4 terá aumentado para 1,74 mol/L (o volume do frasco é 1,00 L) e a de NO_2 ainda será 0,52 mol/L:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$
$$1{,}74\ \text{mol/L} \quad 0{,}52\ \text{mol/L} \quad \textbf{(não} \text{ mais em equilíbrio)}$$

O aumento da concentração de N_2O_4 é uma perturbação que tira o sistema da situação de equilíbrio, pois o resultado do cálculo $[NO_2]^2/[N_2O_4]$ agora é 0,16 e não mais 0,36. No entanto, nos instantes seguintes, verifica-se que há consumo de N_2O_4 e produção de NO_2 até que o sistema atinja uma nova situação, em que as concentrações serão:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$
$$1{,}62\ \text{mol/L} \quad 0{,}76\ \text{mol/L} \quad \text{(equilíbrio químico)}$$

O sistema atingiu novamente o equilíbrio químico, pois esses novos valores de concentrações resultam na igualdade: $[NO_2]^2/[N_2O_4] = 0{,}36$.

O aumento da concentração de N_2O_4 acarretou **deslocamento do equilíbrio** para formar produto, ou seja, durante certo intervalo de tempo, a reação direta ocorreu preferencialmente (isto é, com rapidez maior que a reação inversa), consumindo um pouco de N_2O_4 e formando um pouco de NO_2 até que as concentrações atingissem valores tais que o cálculo $[NO_2]^2/[N_2O_4]$ resultasse novamente 0,36. O gráfico da Figura 10 representa a sequência de eventos que discutimos.

Se diminuíssemos a concentração de N_2O_4, em vez de aumentá-la, verificaríamos a ocorrência de deslocamento para formar reagente.

Observações similares podem ser feitas ao modificar a concentração do produto: um aumento da concentração de NO_2 acarreta deslocamento do equilíbrio mencionado para formar reagente, e uma diminuição da concentração de NO_2 provoca deslocamento para formar produto.

O que discutimos pode ser ampliado para os equilíbrios químicos em geral: aumentando a concentração de um participante (reagente ou produto), o equilíbrio se desloca na direção de seu consumo (Fig. 11); diminuindo a concentração de um participante, o equilíbrio se desloca na direção da sua formação.

Exemplo de deslocamento de equilíbrio

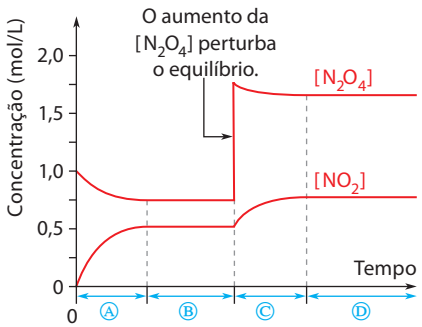
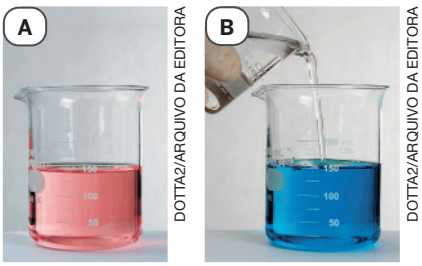


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 756.

Figura 10. Gráfico da concentração de N_2O_4 e NO_2 gasosos, a 100 °C, ao longo da sequência de eventos discutida no texto. O tempo está expresso em unidade arbitrária. Os intervalos de tempo marcados são: (A) o sistema constituído inicialmente apenas por $N_2O_4\,(g)$ avança para o equilíbrio; (B) o sistema está em equilíbrio; (C) logo após o aumento da concentração de N_2O_4, ocorre deslocamento do equilíbrio, com consumo de N_2O_4 e formação de NO_2; (D) nova situação de equilíbrio, atingida após o deslocamento.



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 11. (A) Uma solução aquosa em que existe o equilíbrio: $[Co(H_2O)_6]^{2+}\,(aq) + 4\,Cl^-\,(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2+}\,(aq) + 6\,H_2O\,(l)$. As duas espécies químicas de cobalto(II) são coloridas: o íon $[Co(H_2O)_6]^{2+}\,(aq)$ é **rosa** e o íon $[CoCl_4]^{2+}\,(aq)$ é **azul**. No equilíbrio na solução (A), predominam reagentes e, por isso, a solução é rosa. A adição de uma solução concentrada de NaCl (B) eleva o valor de $[Cl^-]$ e desloca o equilíbrio para formar produtos, fazendo a coloração da solução se alterar para azul.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em destaque

SAÚDE

Desconforto à altitude e deslocamento de equilíbrio

No sangue, as moléculas de hemoglobina e de gás oxigênio dissolvido estão em equilíbrio com a oxi-hemoglobina (hemoglobina combinada com oxigênio). Essa última é a responsável pela oxigenação do organismo, essencial à vida. O equilíbrio pode ser representado por:

$$\text{hemoglobina} + \text{oxigênio} \rightleftharpoons \text{oxi-hemoglobina}$$

Nas localidades de maior altitude, há uma **menor concentração de oxigênio** no ar e, consequentemente, o equilíbrio mencionado é **deslocado para a esquerda**. Isso reduz a quantidade de oxi-hemoglobina presente no sangue, acarretando dores de cabeça, náuseas e fadiga intensa.

Após alguns dias de permanência no local de maior altitude, o organismo apresenta uma resposta adaptativa de **produzir mais hemoglobina**. Isso **desloca o equilíbrio no sentido do produto**, aumentando a concentração de oxi-hemoglobina no sangue.

WESTEND61/GETTY IMAGES

Figura 12. Alpinistas no Monte Everest utilizando equipamento respiratório para oxigenar adequadamente o organismo. (Nepal, 2018.)

Escaladas a locais muito elevados exigem que os alpinistas passem dias nesse processo de adaptação, a fim de atenuarem os desconfortos produzidos pela altitude, ou, então, utilizem equipamentos que garantam a inalação adequada de gás oxigênio (Fig. 12).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

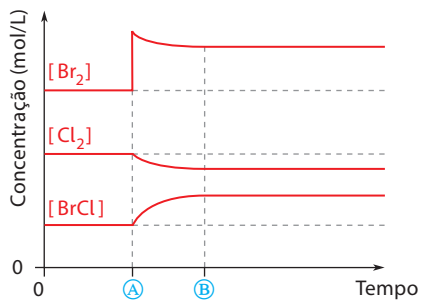
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

23. O gráfico a seguir se refere às concentrações em quantidade de matéria de $Br_2(g)$, $Cl_2(g)$ e $BrCl(g)$ em função do tempo (em unidade arbitrária) dentro de um recipiente de volume fixo, submetido à temperatura constante. Inicialmente (no instante de tempo zero), dentro do frasco, existe o equilíbrio químico:

$$Br_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\,BrCl(g)$$

Variação das concentrações com o tempo para o sistema considerado



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 741.

Analise o gráfico e responda.

a. O que acontece no instante de tempo **A**?

b. O que ocorre no intervalo de tempo entre **A** e **B**? Explique a relação entre esse acontecimento e o que aconteceu no instante de tempo **A**.

c. Determine se existe equilíbrio químico a partir do instante **B** e explique em que se fundamenta sua conclusão.

d. Esclareça como esse gráfico poderia ser usado para ilustrar uma aula sobre deslocamento de equilíbrio químico devido à variação de concentração de um participante.

24. A amônia é produzida industrialmente por meio da reação entre os gases nitrogênio e hidrogênio:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

Indique três ações cuja consequência seja o deslocamento desse equilíbrio **no sentido do produto**.

25. (UFRGS-RS) A reação de síntese do iodeto de hidrogênio, representada a seguir, é muito utilizada em estudos de equilíbrio químico.

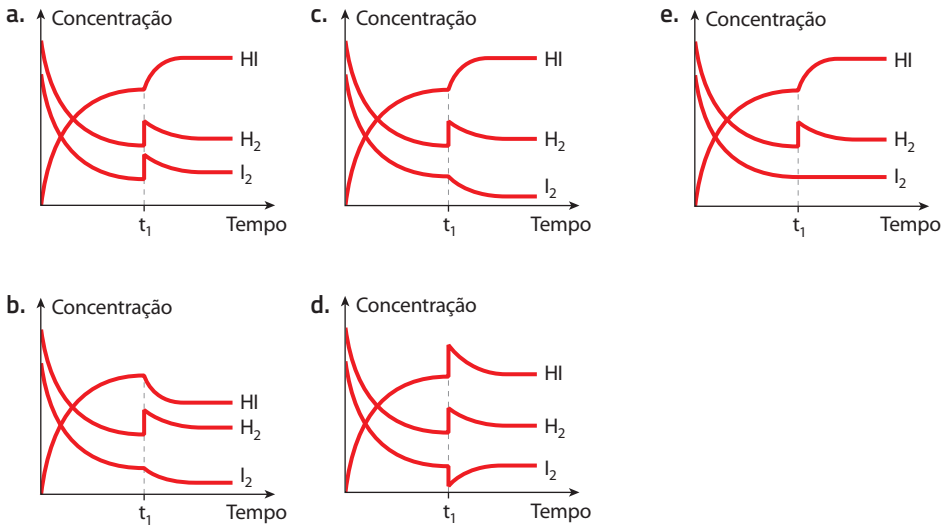
25. c

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI(g)$$

Essa reação atinge o equilíbrio químico após um tempo suficientemente longo. Depois de atingido o equilíbrio, no tempo t_1, é adicionada uma dada quantidade de H_2. Determine qual é o gráfico que melhor representa a evolução das concentrações com o tempo.

CONTINUA

CONTINUAÇÃO



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

6. Deslocamento de equilíbrio por variação mecânica da pressão

Considere um recipiente de paredes rígidas, provido de êmbolo móvel, mantido à temperatura de 100 °C. A posição do êmbolo é tal que o volume interno é 1,00 L (Fig. 13.A). Em seu interior, $N_2O_4(g)$ e $NO_2(g)$ estão em equilíbrio químico com as seguintes concentrações:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$

0,74 mol/L 0,52 mol/L (equilíbrio químico)

Aumenta-se a pressão sobre o êmbolo, provocando sua descida até que o volume se reduza a 0,500 L (Fig. 13.B). Imediatamente após essa compressão da mistura gasosa à metade do volume original, as concentrações passam a valer o dobro:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$

1,48 mol/L 1,04 mol/L (**não** mais em equilíbrio)

O aumento mecânico de pressão (por redução do volume) perturbou o equilíbrio químico; fazendo o cálculo $[NO_2]^2/[N_2O_4]$ com essas concentrações não resultar 0,36, mas 0,73, ou seja, o aumento de pressão foi uma perturbação que tirou o sistema da condição de equilíbrio.

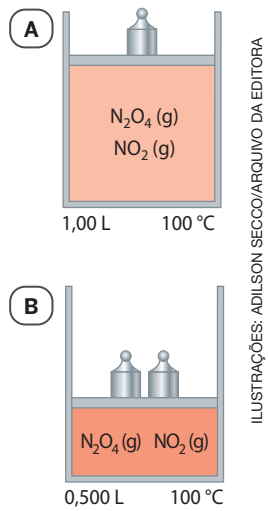
Com o passar do tempo, o próprio sistema tende a atingir nova situação de equilíbrio, mediante o deslocamento para formar reagente, que consome NO_2 e produz N_2O_4, até atingir a seguinte situação:

$$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$$

1,62 mol/L 0,76 mol/L (equilíbrio químico)

Esses valores de concentração, substituídos na expressão $[NO_2]^2/[N_2O_4]$, fornecem o resultado 0,36, ou seja, tem-se novamente equilíbrio químico. Então, o aumento de pressão por redução do volume deslocou o equilíbrio para formar reagente (N_2O_4). De modo similar, uma diminuição de pressão por aumento do volume deslocaria esse equilíbrio para formar produto (NO_2).

Para prever como um equilíbrio responde a uma variação de pressão por alteração de volume, pode-se verificar os coeficientes estequiométricos das espécies participantes que estejam **em fase gasosa**. Pode-se demonstrar que um aumento de pressão (por redução de volume) desloca um equilíbrio químico no



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 13. Recipiente rígido, provido de êmbolo móvel, representado em corte. No experimento comentado no texto, o sistema é mantido a 100 °C: (A) situação inicial em que há equilíbrio químico; (B) situação imediatamente após descida do êmbolo, que reduz o volume interno a 0,500 L e perturba o equilíbrio. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

sentido de formação de menor quantidade em mols de espécies químicas gasosas. Ao contrário, uma diminuição de pressão (por aumento de volume) causa deslocamento no sentido de formação de maior quantidade em mols de espécies químicas gasosas.

No exemplo em questão, temos

$$\mathbf{1}\,N_2O_4(g) \rightleftharpoons \mathbf{2}\,NO_2(g),$$

com um aumento de pressão acarretando deslocamento para formar reagente e uma redução de pressão causando deslocamento para formar produto.

Há equilíbrios químicos que **não** são afetados por variações de pressão: são aqueles em que a soma dos coeficientes de espécies em fase gasosa é igual nos dois membros da equação (reagentes e produtos). Um exemplo é

$$\mathbf{1}\,H_2(g) + \mathbf{1}\,I_2(g) \rightleftharpoons \mathbf{2}\,HI(g).$$

Ao fazer esse tipo de análise, devemos considerar **apenas** espécies em fase gasosa porque elas ocupam volume consideravelmente maior que uma mesma quantidade em mols de espécies em fase líquida ou sólida. Assim, por exemplo, ao analisar um processo como

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + \mathbf{1}\,CO_2(g),$$

consideramos que a soma dos coeficientes de espécies gasosas é zero no primeiro membro e 1 no segundo membro. Consequentemente, um aumento de pressão (por redução de volume) desloca esse equilíbrio para formar reagente, e uma diminuição de pressão (por aumento de volume) o desloca para formar produtos.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

26. Considere que o equilíbrio químico equacionado a seguir exista em um frasco rígido provido de êmbolo como aquele da Figura 13 deste capítulo:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$$

Que efeito teria sobre esse equilíbrio um aumento de pressão sobre o êmbolo que o deslocasse até uma nova posição abaixo da inicial? E uma diminuição da pressão sobre o êmbolo que acarretasse seu deslocamento para uma nova posição acima da inicial?

27. Considere o equilíbrio químico assim representado:

$$Br_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\,BrCl(g)$$

Que efeito sobre ele terá um aumento de pressão provocado por redução do volume do recipiente, a temperatura constante? Explique.

28. (UEMG) As equações a seguir representam sistemas em equilíbrio. O único sistema que não se desloca por alteração de pressão é:

28. b

a. $SO_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$

b. $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$

c. $N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$

d. $2\,CO_2(g) \rightleftharpoons 2\,CO(g) + O_2(g)$

7. Deslocamento de equilíbrio por variação de temperatura

Evidências experimentais indicam que os equilíbrios químicos podem ser deslocados por variações de temperatura, como é o caso do exemplo envolvendo equilíbrio entre espécies em solução aquosa mostrado na Figura 14.

A explicação Físico-Química para a resposta de um equilíbrio às variações de temperatura reside na alteração do valor numérico de K_C. A compreensão da relação matemática entre K_C e T, chamada **equação (do equilíbrio) de van't Hoff**, na qual figura o valor de $\Delta_r H$, requer cálculo integral e diferencial (cf. LEVINE, I. N. **Físico-Química**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. v. 1; ou ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico-Química**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. v. 1). A opção didática aqui adotada é apresentar a constatação empírica da variação do valor numérico de K_C com o aumento da temperatura: crescente se $\Delta_r H > 0$ e decrescente se $\Delta_r H < 0$.

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

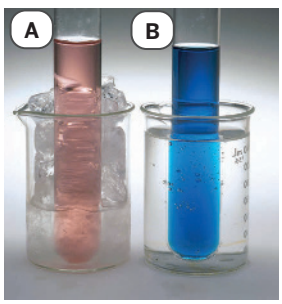


Figura 14. Os tubos de ensaio, inicialmente à temperatura ambiente, contêm o equilíbrio

$$[Co(H_2O)_6]^{2+}(aq) + 4\,Cl^-(aq) \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2+}(aq) + 6\,H_2O(l),$$

(reveja a Figura 11).
Um resfriamento em banho de água e gelo (A) deslocou esse equilíbrio para formar reagentes, e um aquecimento em banho de água morna (B) o deslocou para formar produtos. (Essa foto será tema da atividade 30 do *Aplicando conhecimentos*.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

As reações químicas que ocorrem com **absorção de calor** são denominadas **endotérmicas**. Um exemplo é:

$$N_2O_4(g) + \text{calor absorvido} \rightarrow 2\,NO_2(g)$$

Já reações químicas que acontecem com **liberação de calor** são denominadas **exotérmicas**, como é o caso de:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightarrow 2\,NH_3(g) + \text{calor liberado}$$

Conforme foi explicado no Capítulo 13, para expressar o calor absorvido ou liberado quando uma reação química ocorre à **temperatura constante**, representa-se, à direita da equação, o valor da variação de entalpia de reação ($\Delta_r H$). Essa grandeza é positiva para reações endotérmicas e negativa para reações exotérmicas.

Por exemplo:

$N_2O_4(g) \rightarrow 2\,NO_2(g)$ $\qquad \Delta_r H = +55{,}3$ kJ/mol (a 25 °C e 100 kPa)

$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightarrow 2\,NH_3(g)$ $\qquad \Delta_r H = -91{,}8$ kJ/mol (a 25 °C e 100 kPa)

O primeiro valor indica que, quando 1 mol de $N_2O_4(g)$ se transforma em 2 mol de $NO_2(g)$, a 25 °C e 100 kPa, o sistema reacional absorve 55,3 kJ de calor do ambiente que o circunda. Já o segundo valor informa que, quando 1 mol de $N_2(g)$ e 3 mol de $H_2(g)$ se transformam em 2 mol de $NH_3(g)$, a 25 °C e 100 kPa, há liberação de 91,8 kJ de calor para os arredores do sistema reacional.

Por meio de muitas investigações experimentais com diversas reações em equilíbrio químico, em diferentes temperaturas, os cientistas verificaram que um **aumento de temperatura** acarreta:

- **aumento** do valor numérico de K_C para reações que são **endotérmicas** no sentido direto (isto é, reações que têm $\Delta_r H > 0$); e
- **diminuição** do valor numérico de K_C para reações que são **exotérmicas** no sentido direto (isto é, reações que têm $\Delta_r H < 0$).

Assim, por exemplo, para a reação em equilíbrio:

$$N_2O_4(g) \underset{\text{exotérmica}}{\overset{\text{endotérmica}}{\rightleftharpoons}} 2\,NO_2(g) \qquad \Delta_r H > 0,$$

constatou-se que o valor numérico de K_C aumenta com o aquecimento (reveja a Tabela 2, no item 3, e analise o gráfico da Figura 15). Já para a reação em equilíbrio:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \underset{\text{endotérmica}}{\overset{\text{exotérmica}}{\rightleftharpoons}} 2\,NH_3(g) \qquad \Delta_r H < 0,$$

ocorre o contrário, com o valor numérico de K_C diminuindo com o aquecimento (reveja a Tabela 4, no item 3, e analise o gráfico da Figura 16).

O fato de a constante de equilíbrio ser influenciada pela variação de temperatura tem uma importante consequência: um equilíbrio pode ser deslocado por meio de aquecimento ou resfriamento.

Vamos exemplificar considerando um sistema em equilíbrio, a 100 °C, com as seguintes concentrações:

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$ $\qquad K_C = 0{,}36$ (a 100 °C)

0,74 mol/L $\quad$ 0,52 mol/L $\qquad$ (equilíbrio químico)

Essas concentrações estão de acordo com a relação $[NO_2]^2/[N_2O_4] = 0{,}36$.

Agora, considere que o sistema seja aquecido a 150 °C, temperatura em que o valor numérico de K_C passa a ser 3,2 (Tabela 2). Imediatamente após o aquecimento, essas concentrações não obedecem à relação $[NO_2]^2/[N_2O_4] = 3{,}2$, ou seja, o aquecimento alterou K_C e fez o sistema sair da condição de equilíbrio.

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$ $\qquad K_C = 3{,}2$ (a 150 °C)

0,74 mol/L $\quad$ 0,52 mol/L $\qquad$ (**não** mais em equilíbrio)

Em decorrência dessa perturbação, verifica-se que o equilíbrio se desloca para formar produto, consumindo N_2O_4 e produzindo NO_2 até que as concentrações estejam de acordo com a expressão $[NO_2]^2/[N_2O_4] = 3{,}2$:

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$ $\qquad K_C = 3{,}2$ (a 150 °C)

0,42 mol/L $\quad$ 1,16 mol/L $\qquad$ (equilíbrio químico)

K_C como função crescente da temperatura

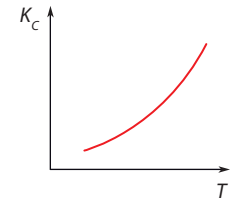


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de LAUHT, J. S. **Physical Chemistry in a nutshell**; basics for engineers and scientists. Berlin: Springer, 2023. p. 78.

Figura 15. Esboço gráfico que mostra a tendência crescente do valor numérico de K_C em função do aumento de temperatura (T) para o equilíbrio:
$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$ $\quad \Delta_r H > 0$.

K_C como função decrescente da temperatura

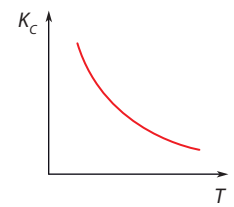


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de LAUHT, J. S. *Op. cit*. p. 78.

Figura 16. Esboço gráfico que mostra a tendência decrescente do valor numérico de K_C em função do aumento de temperatura para o equilíbrio:
$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3(g)$ $\quad \Delta_r H < 0$.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Assim, o aquecimento deslocou o equilíbrio em questão para formar produto (sentido endotérmico). Por um raciocínio similar, concluiríamos que um resfriamento o deslocaria para formar reagente (sentido exotérmico) (Fig. 17).

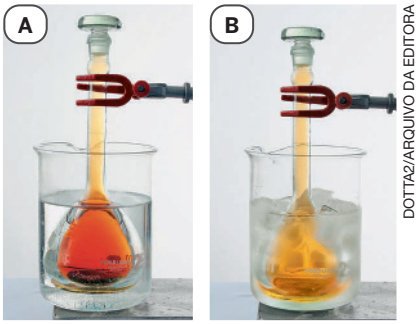
$$N_2O_4(g) \underset{\text{exotérmica}}{\overset{\text{endotérmica}}{\rightleftharpoons}} 2\,NO_2(g) \qquad \Delta_r H > 0$$

Acabamos de comentar um exemplo de reação com $\Delta_r H$ positivo, ou seja, o sentido direto é endotérmico.

Diferentemente, quando $\Delta_r H$ é negativo, a reação direta é exotérmica:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \underset{\text{endotérmica}}{\overset{\text{exotérmica}}{\rightleftharpoons}} 2\,NH_3(g) \qquad \Delta_r H < 0$$

Nesse caso, continuam valendo as conclusões que acabamos de apresentar: o aquecimento desloca o equilíbrio para formar reagentes (sentido endotérmico), e o resfriamento o desloca para formar produto (sentido exotérmico). A diferença é que, sendo o $\Delta_r H$ negativo, a reação direta é exotérmica e a inversa é endotérmica.



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 17. Um recipiente fechado de vidro contém os gases N_2O_4 e NO_2 em equilíbrio. Quando ele é aquecido em um banho de água morna (A), o equilíbrio é deslocado para formar NO_2. Quando o recipiente é resfriado por imersão em água com gelo, o equilíbrio se desloca para a formação de N_2O_4.

8. Princípio de Le Chatelier

Fundamentado em evidências obtidas por outros cientistas, o químico francês Henry Le Chatelier (1850-1936) publicou, entre 1884 e 1933, diferentes redações para enunciar o que hoje é conhecido como **Princípio de Le Chatelier**. Essas redações foram uma tentativa de expressar de maneira concisa o que se pode prever que aconteça ao perturbar um sistema em equilíbrio químico.

Uma leitura recomendada ao docente interessado nos enunciados elaborados pelo cientista francês é a dissertação de mestrado de CANZIAN, R. **Análise do princípio de Le Chatelier em livros didáticos de química**, USP, 2011. A tese está disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-01112011-114535/pt-br.php. Acesso em: 18 out. 2024. Caso esse endereço tenha mudado, dê uma busca por título e nome do autor.

Com finalidade didática, em vez de propor um único enunciado curto, é mais conveniente pensarmos no Princípio de Le Chatelier como o conjunto de ideias que apresentamos anteriormente: há determinados procedimentos experimentais – como a alteração da concentração de reagente ou produto por adição ou remoção dessa substância a temperatura e volume constantes; a modificação mecânica da pressão por alteração de volume do sistema à temperatura constante; ou a mudança de temperatura a volume constante – que podem perturbar um equilíbrio químico, ou seja, fazer o sistema sair da condição de equilíbrio químico. Imediatamente após a perturbação, a reação direta (a que forma produto) **ou** a reação inversa (a que forma reagente) passa a ocorrer com rapidez maior que a outra durante certo intervalo de tempo. Essa ocorrência preferencial da reação em um dos sentidos modifica as concentrações das espécies até que o equilíbrio seja restabelecido, com as reações direta e inversa novamente ocorrendo com igual velocidade.

Em outras palavras, a perturbação acarreta um **deslocamento de equilíbrio**, que faz com que o sistema atinja uma nova situação de equilíbrio químico com concentrações de reagente(s) e produto(s) diferentes das que existiam inicialmente. Nos itens 5, 6 e 7, estudamos as perturbações que podem deslocar um equilíbrio e a resposta do sistema a cada uma delas.

Finalmente, é necessário comentar que a adição de um catalisador **não** provoca deslocamento de equilíbrio. Quando um catalisador é adicionado a um sistema reacional, verifica-se que ele atua igualmente sobre a reação direta e sobre a reação inversa, aumentando a rapidez das duas por um mesmo fator multiplicativo. Por exemplo, se um catalisador adicionado a um sistema em equilíbrio químico aumenta a velocidade da reação direta por 10^3 (mil vezes mais veloz), esse mesmo catalisador causa aumento de 10^3 vezes na velocidade da reação inversa e, portanto, o sistema continuará em equilíbrio.

Catalisadores são de grande relevância para aumentar a velocidade de processos que ainda não atingiram o equilíbrio e podem ser empregados na otimização de muitos processos de interesse (Fig. 18), já que tornam mais rápidas reações que degradam poluentes ou que produzem substâncias usadas pela sociedade. Catalisadores, contudo, não interferem no equilíbrio químico.

ARQUIVO PESSOAL

Figura 18. A química brasileira Elisa Orth (nascida em 1984), pesquisadora da Universidade Federal do Paraná (UFPR), coordenadora do Grupo de Catálise e Cinética, em foto de 2024. Recebeu vários prêmios nacionais e internacionais por seus trabalhos, entre os quais está o desenvolvimento de catalisadores sustentáveis.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

ODS 2

O que foi estudado neste capítulo possibilita o entendimento das condições empregadas no método industrial chamado **processo** (ou **síntese de**) **Haber-Bosch**. Investiguem para que ele é usado, quais são as condições em que é realizado e qual é a razão de se empregar cada uma dessas condições. Quais delas relacionam-se ao conceito de deslocamento de equilíbrio?

Pesquisem qual é a importância desse processo para a produção mundial de alimentos e, portanto, para **garantir segurança alimentar** à população global (Fig. 19). Verifiquem se haveria alternativas a ele no tocante à produção de alimentos, atentando se os argumentos favoráveis a outros caminhos são legítimos e coerentes.

JOA SOUZA/ALAMY/FOTOARENA

Figura 19. Segurança alimentar é ter acesso permanente a alimentos em quantidade suficiente e de qualidade adequada, constituindo-se em um direito de todos os cidadãos. Na foto, crianças em horário de merenda escolar, (Curaçá, BA, 2023).

A seguir, elaborem um vídeo que exponha, de modo organizado, os resultados obtidos. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

29. Dois frascos iguais de vidro resistente e incolor, bem fechados, contêm misturas idênticas de HI(g) (incolor), $H_2(g)$ (incolor) e $I_2(g)$ (violeta), a 25 °C, nas quais existe o equilíbrio químico assim equacionado:

$$2\,HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g) \qquad \Delta_r H = -53{,}0\ kJ/mol$$

Um dos frascos é imerso em um banho de água fervente e o outro é colocado no interior de um *freezer*.

Preveja o que deve acontecer com a coloração do conteúdo dos frascos a partir desse momento. Apresente os argumentos que fundamentam a sua previsão.

30. As soluções aquosas dos tubos de ensaio mostrados na Figura 14 deste capítulo estavam inicialmente a 25 °C e nelas havia o equilíbrio químico:

$$\underset{\text{rosa}}{[Co(H_2O)_6]^{2+}}(aq) + 4\,Cl^-(aq) \rightleftharpoons \underset{\text{azul}}{[CoCl_4]^{2+}}(aq) + 6\,H_2O(l)$$

a. Considerando os resultados experimentais evidenciados por aquela foto, explique em qual das duas situações – no banho de água com gelo ou no banho de água morna – o valor da constante de equilíbrio em função das concentrações (K_C) da reação equacionada é maior. Por quê?

b. Em qual dos sentidos – formação dos produtos ou formação dos reagentes – a reação equacionada é endotérmica? Justifique.

c. Explique como o deslocamento do equilíbrio (evidenciado na foto do experimento) está relacionado à variação do valor de K_C com alterações de temperatura.

31. (Uerj) O monóxido de carbono, formado na combustão incompleta em motores automotivos, é um gás extremamente tóxico. A fim de reduzir sua descarga na atmosfera, as fábricas de automóveis passaram a instalar catalisadores contendo metais de transição, como o níquel, na saída dos motores. Observe a equação química que descreve o processo de degradação catalítica do monóxido de carbono:

31. d

$$2\,CO(g) + O_2(g) \overset{Ni}{\rightleftharpoons} 2\,CO_2(g) \quad \Delta_r H = -283\ kJ \cdot mol^{-1}$$

Com o objetivo de deslocar o equilíbrio dessa reação, visando a intensificar a degradação catalítica do monóxido de carbono, a alteração mais eficiente é:

a. reduzir a quantidade de catalisador.

b. reduzir a concentração de oxigênio.

c. aumentar a temperatura.

d. aumentar a pressão.

32. (PUC-MG) Considere uma reação endotérmica, em equilíbrio, na qual reagentes e produtos estão no estado gasoso. É correto afirmar que a constante de equilíbrio aumentará se:

32. a

a. a temperatura for aumentada.

b. a temperatura for diminuída.

c. um catalisador for adicionado.

d. uma parte dos produtos for retirada.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Povos do campo

Na *Atividade em grupo* proposta anteriormente, o foco foi a compreensão de aspectos fundamentais da síntese de fertilizantes inorgânicos. A adubação intensiva relacionam-se à produtividade de grandes plantações, importantes na manutenção da segurança alimentar da humanidade.

É necessário, contudo, que contemplemos aqui um outro aspecto relevante relacionado à posse da terra, à vida no campo e à agricultura em pequena escala. Este é o tema desta seção. Inicialmente, leia e interprete os textos a seguir

> Os povos dos campos, das florestas e das águas são os povos que têm seu modo de vida diretamente relacionado com a natureza. Habitam todos os biomas brasileiros, tanto nos campos como nas cidades, de modo que seu território se constitui como muito mais do que o espaço físico em que vivem. Para definir os povos dos campos, das florestas e das águas é necessário compreender a noção de territorialidade como o sentimento de pertença e a identidade com um modo de vida ancestral, mas também atual, que existe e r-existe diariamente com o avançar da ciência e da tecnologia.
>
> Por manifestarem múltiplas territorialidades, não podem ser reduzidos ao espaço físico em que habitam, ou a sua atividade econômica desempenhada.
>
> Compreendendo o avanço do desenvolvimento econômico da sociedade e também seu modo de produção, os povos dos campos, florestas e águas são os agricultores, pescadores e pequenos extrativistas, mas são também trabalhadores assalariados, profissionais de saúde, prestadores de serviços como construção civil, transporte público, trabalho doméstico, e do comércio em geral.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Povos e Comunidades Tradicionais**. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saps/equidade-em-saude/povos-e-comunidades-tradicionais. Acesso em: 18 out. 2024.

> Refletir sobre o campesinato no Brasil é remeter a uma fração de classe social bastante heterogênea, composta por pequenos agricultores, ribeirinhos, seringueiros, posseiros, remanescentes de quilombos e assentados, dentre outros. Também é uma classe que possui caráter dúplice no processo social: é ao mesmo tempo proprietária de terra e dona da força de trabalho. Nesta perspectiva, na sociedade capitalista, o campesinato se insere em uma contradição frente ao modelo de produção dominante, caracterizado no campo pela produção em larga escala e com a apropriação de propriedades de terra.

Fonte: SOARES, J. S.; SANTOS, A. R.; NUNES, C. P. 200 anos de educação para os povos do campo no Brasil: entre conquistas e desafios. **Educação em Foco**, Belo Horizonte, v. 25, n. 46, 2022. p. 38.

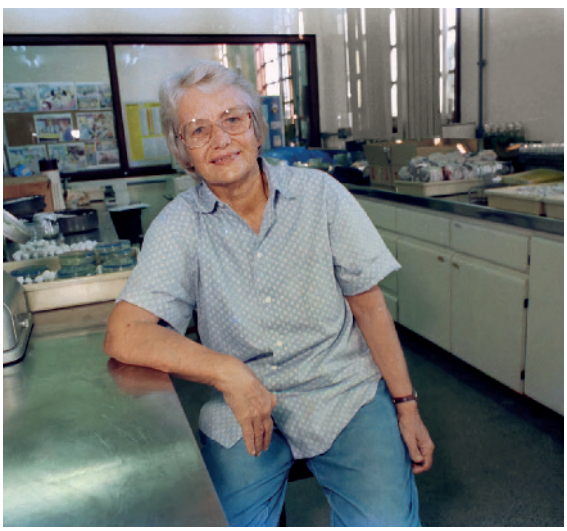
Agora, com a classe dividida em grupos, realize com seus colegas as atividades propostas a seguir.

1. Tanto o modelo da agricultura em larga escala, desenvolvido em grandes áreas de plantação, quanto o modelo da agricultura em pequena escala, realizado por povos do campo em suas propriedades rurais para seu próprio sustento (Fig. 20), dependem de um recurso preciso que é a terra fértil. Em alguns locais, esses dois modelos podem provocar conflitos. Pesquisem e relatem exemplos desses conflitos.

CHICO FERREIRA/PULSAR IMAGENS

Figura 20. Cultivo familiar do solo. (Parnaíba, PI, 2022.)

2. Com fundamentação nos exemplos de conflitos coletados na pesquisa, **proponham soluções** para que haja equilíbrio na coexistência desses dois modelos, a fim de contribuir para a **cultura de paz** na sociedade.
3. Johanna Döbereiner (1924-2000) (Fig. 21) nasceu na Checoslováquia e se naturalizou brasileira em 1956. Foi um exemplo de **protagonismo feminino** na pesquisa sobre a fertilidade de solos. Seus resultados revolucionaram a agricultura nacional. Pesquisem e expliquem qual a relevância das contribuições dessa cientista para a agricultura, seja em larga ou em pequena escala.



ALEXANDRE CAMPBELL/FOLHAPRESS

Figura 21. A engenheira agrônoma e pesquisadora brasileira Johanna Döbereiner, em foto de 1995.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

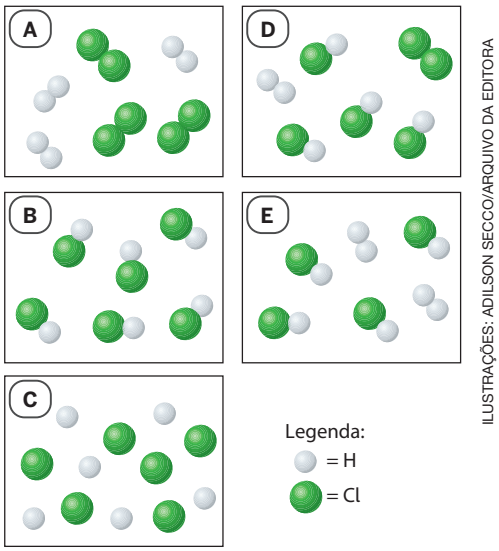
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Qual dos modelos é mais adequado para representar uma amostra da fase gasosa de um sistema no qual **existe o equilíbrio**: $H_2\,(g) + Cl_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,HCl\,(g)$?

1. d



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

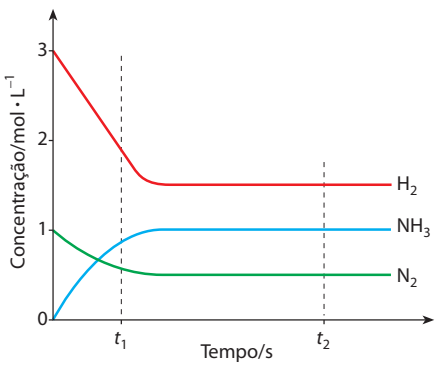
(Átomos representados por esferas; cores meramente ilustrativas.)

2. (UFMG) O gráfico mostra as variações, com o tempo, das concentrações das espécies presentes em um recipiente fechado, no qual ocorre a síntese da amônia.

2. b

A equação da reação é:

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3\,(g)$$



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Com relação ao gráfico, identifique a afirmativa **FALSA**.

a. No tempo $t = 0$, a velocidade da reação inversa é zero.

b. No tempo $t = t_1$, as velocidades das reações direta e inversa são iguais.

c. No tempo $t = t_2$, o sistema está em equilíbrio.

d. No tempo $t = t_2$, as velocidades das reações direta e inversa são ambas diferentes de zero.

3. À temperatura constante de 25 °C, um sistema é constituído de duas fases: uma fase superior, de gasolina, e outra inferior, de água.

3. b

Certa quantidade de etanol (C_2H_5OH) é adicionada a esse sistema e espera-se tempo suficiente para que se estabeleça o equilíbrio:

$$C_2H_5OH\,(aq) \rightleftharpoons C_2H_5OH\,(gasolina)$$

Sabe-se que o etanol, por estabelecer ligações de hidrogênio com a água, mas não com a gasolina, é mais solúvel em meio aquoso. Uma vez estabelecido o equilíbrio mencionado, é correto afirmar que a concentração de etanol:

a. é igual nas duas fases.

b. é diferente nas duas fases, sendo maior na fase aquosa.

c. é diferente nas duas fases, sendo maior na fase cujo solvente é a gasolina.

d. é necessariamente diferente nas duas fases, não sendo possível prever em qual delas é maior.

4. (UFGRS-RS) A constante de equilíbrio da reação

4. b

$$CO\,(g) + 2\,H_2\,(g) \rightleftharpoons CH_3OH\,(g)$$

tem o valor de 14,5 a 500 K. As concentrações de metanol e de monóxido de carbono foram medidas nesta temperatura em condições de equilíbrio, encontrando-se, respectivamente, 0,145 $mol \cdot L^{-1}$ e 1 $mol \cdot L^{-1}$. Com base nesses dados, é correto afirmar que a concentração de hidrogênio, em $mol \cdot L^{-1}$, deverá ser

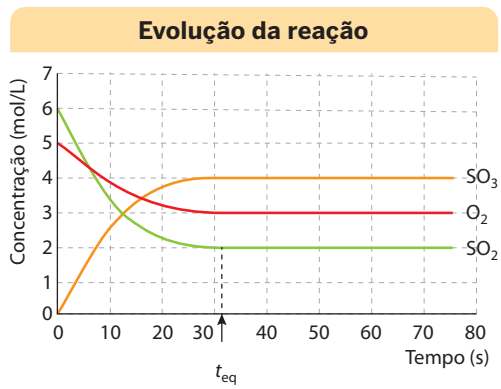
a. 0,01 **b.** 0,1 **c.** 1 **d.** 1,45 **e.** 14,5

5. (PUC-RS) O ácido sulfúrico é um dos responsáveis pela formação da chuva ácida. O equilíbrio envolvido na formação desse ácido na água da chuva é representado pela equação:

5. c

$$2\,SO_2\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,SO_3\,(g)$$

O equilíbrio foi estabelecido em determinadas condições e está representado no gráfico, no qual as concentrações estão no eixo das ordenadas, em mol/L, e o tempo está na abscissa, em segundos.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Pela análise do gráfico, é correto afirmar que a constante de equilíbrio para esse sistema é:

a. 0,66 **b.** 0,75 **c.** 1,33 **d.** 1,50 **e.** 3,00

CONTINUA

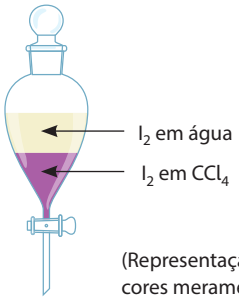
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUAÇÃO

6. (Fuvest-SP) Em um funil de separação, encontram-se, em contato, volumes iguais de duas soluções: uma solução aquosa de I_2, de concentração $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ mol/L, e uma solução de I_2 em CCl_4, de concentração $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol/L. Considere que o valor da constante K_C do equilíbrio

$$I_2(aq) \rightleftharpoons I_2(CCl_4)$$

é igual a 100, à temperatura do experimento, para concentrações expressas em mol/L.



(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Assim sendo, o que é correto afirmar a respeito do sistema descrito?

a. Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído do CCl_4 pela água, até que a concentração de I_2 em CCl_4 se iguale a zero.

b. Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído da água pelo CCl_4, até que a concentração de I_2 em água se iguale a zero.

c. Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 no CCl_4 tenderá a aumentar e a de I_2, na água, tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.

d. Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 na água tenderá a aumentar e a de I_2, no CCl_4, tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.

e. Quer o sistema seja agitado ou não, ele já se encontra em equilíbrio e não haverá mudança nas concentrações de I_2 nas duas fases.

7. Uma amostra de massa 64,0 g de HI gasoso foi submetida, em um recipiente fechado e a temperatura constante, a condições que possibilitaram atingir o equilíbrio químico assim representado:

$$2\,HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$$

Estabelecido o equilíbrio, verifica-se a presença de 12,8 g de HI no sistema. Fundamentado nessas informações e na tabela periódica:

a. mostre como determinar o grau de equilíbrio;

b. demonstre como pode ser calculado o valor numérico da constante de equilíbrio em função das concentrações; e

c. esboce um gráfico da quantidade, em mols, em função do tempo (em unidade arbitrária) para cada uma das três substâncias envolvidas.

8. (UFRGS-RS) A constante de equilíbrio da reação de conversão a seguir tem o valor de 0,5.

glicose-6-fosfato $\rightleftharpoons$ frutose-6-fosfato

Se essa reação parte de glicose-6-fosfato pura, o grau de conversão deste reagente em produto, quando a reação atinge o equilíbrio, é de aproximadamente

a. 10% **b.** 25% **c.** 33% **d.** 50% **e.** 66%

9. (UCDB-MT) No equilíbrio:

$$2\,NOCl(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g) + Cl_2(g),$$

o valor da constante K_C é $4{,}7 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Com o aumento da concentração de NO:

a. o valor de K_C aumenta.

b. o valor de K_C diminui.

c. o equilíbrio se desloca para o sentido da formação dos produtos.

d. não há deslocamento de equilíbrio.

e. o valor de K_C não se altera.

10. (UERJ) Considere que, no sangue, as moléculas de hemoglobina e de gás oxigênio dissolvido estão em equilíbrio com a oxi-hemoglobina, de acordo com equação a seguir:

$$\text{hemoglobina} + \text{oxigênio} \overset{1}{\underset{2}{\rightleftharpoons}} \text{oxi-hemoglobina}$$

Em grandes altitudes, quando o ar se torna rarefeito, essa posição de equilíbrio é alterada, causando distúrbios orgânicos. A combinação correta entre o fator cuja variação é responsável pelo deslocamento do equilíbrio e o sentido desse deslocamento, indicado na equação, é:

a. concentração de oxigênio; 1

b. concentração de oxigênio; 2

c. temperatura ambiente; 1

d. temperatura ambiente; 2

11. O produto farmacêutico de nome genérico leite de magnésia é uma dispersão de cristais de $Mg(OH)_2$ sólido em uma solução aquosa de $Mg(OH)_2$, na qual há íons Mg^{2+} e OH^- aquosos. O equilíbrio químico envolvido é:

$$Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

Em um experimento, estudantes do curso de Química adicionaram um pouco de solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio, NaOH(aq), a uma amostra de leite de magnésia, constatando que isso provocou formação de mais $Mg(OH)_2(s)$. Apresente uma explicação para esse resultado, argumentando em termos de deslocamento de equilíbrio.

12. Em outro experimento, o mesmo grupo de estudantes mencionado na atividade anterior amassou cascas de determinada variedade de uva com um pouco de água e separou a solução aquosa obtida, na qual uma substância (aqui representada por HA) estabelece o seguinte equilíbrio químico:

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

vermelho — azul

A seguir, colocaram amostras de 5 mL da solução obtida em dois tubos de ensaio. Adicionaram 5 gotas de solução aquosa concentrada de ácido clorídrico a um deles e 5 gotas de solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio ao outro, observando que a solução adquiriu coloração diferente em cada tubo. Deduza qual é a cor adquirida pela solução em cada caso e explique a razão da diferente coloração.

6. c
9. e
10. b
8. c

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 16

Acidez e basicidade de soluções aquosas

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 15 do volume de Biologia desta coleção.

LOTUS_STUDIO/SHUTTERSTOCK

As atividades humanas que provocam o aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono têm causado a morte de corais marinhos e, em consequência, de diversas formas de vida adaptadas a viver junto deles. Na foto, recife de corais no Mar Vermelho, Egito.

O aumento contínuo das emissões de dióxido de carbono gasoso, $CO_2(g)$, também conhecido como gás carbônico, elevou a concentração dessa substância na atmosfera gerando problemas ambientais como a intensificação do efeito estufa, que resultou em um aumento da temperatura média do planeta verificada ao longo das últimas décadas.

Uma parte dessas emissões de dióxido de carbono decorrentes de atividades humanas, como queimadas em florestas e utilização de combustíveis fósseis (derivados de petróleo e carvão mineral, por exemplo), é absorvida pelos oceanos.

Se, por um lado, a dissolução do dióxido de carbono na água oceânica pode contribuir para que a concentração atmosférica não aumente tão aceleradamente quanto poderia caso essa dissolução não acontecesse, por outro lado, ela acarreta a acidificação dos oceanos.

O aumento da acidez das águas oceânicas pode afetar, entre outros, organismos que produzem estruturas calcárias, gerando impactos negativos em sua reprodução e distribuição geográfica. Caso a liberação de dióxido de carbono na atmosfera pela humanidade continue a crescer na mesma proporção dos últimos anos, estima-se que em poucas décadas a água do mar poderá não mais sustentar o desenvolvimento de seres como os corais formadores de recifes.

Por que o aumento da concentração de dióxido de carbono dissolvido nos oceanos contribui para a sua acidificação? Que relação há entre esse fato e o conceito de equilíbrio químico?

Neste capítulo, estudaremos esses e outros aspectos importantes referentes a equilíbrios químicos envolvendo espécies químicas em solução aquosa.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Autoionização da água

Na água líquida, ocorre o equilíbrio químico assim equacionado:

$$2\,H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \qquad K_C = [H_3O^+]\cdot[OH^-]$$

Note que ocorre transferência de um H^+ de uma das moléculas de água para a outra, produzindo íons; a molécula que perdeu H^+ se transformou em íon hidróxido, OH^-, e a molécula que o recebeu se transformou em íon oxônio, H_3O^+. Essa reação é denominada **autoionização** da água, pois ocorreu transformação de moléculas dessa substância em íons. A concentração da água não figura na expressão da constante de equilíbrio porque, além de reagente, ela é também o solvente no qual a reação ocorre (reveja o item 4 do Capítulo 15).

Como comentaremos a seguir, essa constante de equilíbrio é de fundamental importância para a introdução do conceito de *pH*. Ela é denominada **produto iônico da água** e simbolizada por K_w:

Expressão matemática do produto iônico da água: $K_w = [H_3O^+]\cdot[OH^-]$

Valores de K_w em diferentes temperaturas são mostrados na Tabela 1. Perceba que esses valores são muito pequenos, o que significa que uma fração muito reduzida das moléculas de água se autoioniza.

Para ilustrar isso, consideremos, por exemplo, água pura a 25 °C. Nesse meio, temos que $[H_3O^+]$ é igual a $[OH^-]$, pois esses íons são produzidos na proporção (em mol) de 1 : 1, conforme os coeficientes da equação química. Como, nessa temperatura, $K_w = 1{,}0\cdot10^{-14}$ (Tabela 1), concluímos que $[H_3O^+] = [OH^-] = 1{,}0\cdot10^{-7}$ mol/L, pois, multiplicando os valores numéricos de $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$, resulta $1{,}0\cdot10^{-14}$.

Um meio aquoso no qual, assim como na água pura, as concentrações $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$ sejam iguais é denominado **meio aquoso neutro**.

Ao dissolver um ácido como HCl ou HNO_3 em água pura, a ionização do ácido acarretará um aumento da $[H_3O^+]$ no meio e, em decorrência, o equilíbrio de autoionização da água será deslocado no sentido de produzir reagente. Podemos usar a expressão de K_w para prever o efeito da dissolução do ácido sobre a $[OH^-]$ nesse meio. Considerando que a temperatura seja mantida constante (o que faz com que K_w permaneça constante), temos:

K_w = ↑ $[H_3O^+]$ · $[OH^-]$ ↓

K_w é constante a uma dada temperatura fixa.

Se a concentração de H_3O^+ aumentar por dissolução de um ácido no meio aquoso,...

... então a concentração de OH^- diminuirá, devido ao deslocamento do equilíbrio de autoionização da água.

Assim, em um **meio aquoso ácido**, $[H_3O^+]$ é maior que $[OH^-]$.

De modo similar, ao dissolver uma base como NaOH ou KOH em água pura, o aumento da $[OH^-]$ também acarreta deslocamento do equilíbrio de autoionização da água no sentido de formar reagente e causa diminuição da $[H_3O^+]$:

K_w = ↑ $[OH^-]$ · $[H_3O^+]$ ↓

K_w é constante a uma dada temperatura fixa.

Se a concentração de OH^- aumentar por dissolução de uma base no meio aquoso,...

... então a concentração de H_3O^+ diminuirá, devido ao deslocamento do equilíbrio de autoionização da água.

Assim, em um **meio aquoso básico** (ou **alcalino**), $[OH^-]$ é maior que $[H_3O^+]$.

Com muita frequência, emprega-se a temperatura de 25 °C no estudo de meios aquosos em laboratório, temperatura em que $K_w = 1{,}0\cdot10^{-14}$ (Tabela 1). Assim, decorre que, **a 25 °C**, um:

- meio **neutro** apresenta $[H_3O^+] = [OH^-] = 1{,}0\cdot10^{-7}$ mol/L;
- meio **ácido** apresenta $[H_3O^+] > 1{,}0\cdot10^{-7}$ mol/L $> [OH^-]$;
- meio **básico** (ou **alcalino**) apresenta $[H_3O^+] < 1{,}0\cdot10^{-7}$ mol/L $< [OH^-]$.

Tabela 1. Valor numérico do produto iônico da água (K_w) em diferentes temperaturas, a 1 atm

Temperatura (°C)	K_w
0	$1{,}1\cdot10^{-15}$
10	$2{,}9\cdot10^{-15}$
20	$6{,}8\cdot10^{-15}$
25 *	$1{,}0\cdot10^{-14}$
30	$1{,}5\cdot10^{-14}$
40	$2{,}9\cdot10^{-14}$
50	$5{,}4\cdot10^{-14}$
60	$9{,}5\cdot10^{-14}$
70	$1{,}6\cdot10^{-13}$
80	$2{,}5\cdot10^{-13}$
90	$3{,}8\cdot10^{-13}$
100	$5{,}6\cdot10^{-13}$

* Temperatura que terá destaque em nosso estudo dos conceitos de *pH* e de *pOH*.

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 5. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 12.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Considere a parte aquosa do suco de laranja da Figura 1, que é uma solução aquosa na qual a concentração de íons oxônio, $[H_3O^+]$, medida a 25 °C, é igual a $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Como o produto iônico da água (K_w), nessa temperatura, tem valor numérico $1{,}0 \cdot 10^{-14}$, concluímos que a concentração de íons hidróxido, $[OH^-]$, vale $5{,}0 \cdot 10^{-11}$ mol/L, já que $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ vezes $5{,}0 \cdot 10^{-11}$ resulta $1{,}0 \cdot 10^{-14}$. Como $[H_3O^+] > [OH^-]$, trata-se de um meio aquoso ácido.

ALTER-EGO/SHUTTERSTOCK

Figura 1. Se a concentração de H_3O^+ em um meio aquoso, a 25 °C, é $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L, então a concentração de OH^- é $5{,}0 \cdot 10^{-11}$ mol/L, conforme discutido no texto.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. O nome **autoionização da água** é dado a: 1. c
- **a.** uma determinada expressão de constante de equilíbrio.
- **b.** um valor específico de constante de equilíbrio a uma dada temperatura.
- **c.** um determinado equilíbrio químico.
- **d.** qualquer equilíbrio químico do qual a água participe como reagente ou produto.

2. O nome **produto iônico da água** é dado: 2. a
- **a.** à constante de equilíbrio de determinada reação.
- **b.** a qualquer equilíbrio químico do qual a água participe como reagente ou produto.
- **c.** para determinado equilíbrio químico.
- **d.** à constante de equilíbrio de qualquer reação que ocorra em meio aquoso.

3. Em uma amostra de água líquida totalmente pura: 3. c
- **a.** não existem íons.
- **b.** os únicos íons presentes são H_3O^+.
- **c.** existem íons H_3O^+ e OH^- em concentrações (em mol/L) iguais.
- **d.** existem íons H_3O^+ e OH^- em concentrações (em mol/L) diferentes.

4. Uma limonada é um meio aquoso ácido. Podemos afirmar que, nela, certamente: 4. d
- **a.** não existem íons hidróxido, OH^-.
- **b.** os únicos íons presentes são H_3O^+.
- **c.** existem íons H_3O^+ e OH^- em concentrações (em mol/L) iguais.
- **d.** existem íons H_3O^+ e OH^- em concentrações (em mol/L) diferentes.

5. Em uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH): 5. d
- **a.** não existem íons oxônio, H_3O^+.
- **b.** os únicos íons presentes são íons hidróxido, OH^-.
- **c.** existem íons H_3O^+ e OH^- em concentrações (em mol/L) iguais.
- **d.** existem íons H_3O^+ e OH^- em concentrações (em mol/L) diferentes.

6. Se, em temperatura constante, um pouco de ácido sulfúrico (H_2SO_4) for adicionado a uma amostra de água pura, ocorrerá: 6. a
- **a.** aumento da $[H_3O^+]$ e diminuição da $[OH^-]$.
- **b.** diminuição da $[H_3O^+]$ e aumento da $[OH^-]$.
- **c.** aumento da $[H_3O^+]$ e da $[OH^-]$.
- **d.** diminuição da $[H_3O^+]$ e da $[OH^-]$.

7. Se, em temperatura constante, um pouco de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) for dissolvido em uma amostra de água pura, ocorrerá: 7. b
- **a.** diminuição da $[H_3O^+]$ e da $[OH^-]$.
- **b.** diminuição da $[H_3O^+]$ e aumento da $[OH^-]$.
- **c.** aumento da $[H_3O^+]$ e da $[OH^-]$.
- **d.** aumento da $[H_3O^+]$ e diminuição da $[OH^-]$.

8. Se, em temperatura constante, dissolvermos um pouco de cloreto de sódio (NaCl) em uma amostra de água pura, o que produz uma solução aquosa neutra, podemos afirmar que: 8. d
- **a.** a concentração total de íons na solução permanecerá constante.
- **b.** ocorrerá diminuição da $[H_3O^+]$ e da $[OH^-]$.
- **c.** tanto $[H_3O^+]$ quanto $[OH^-]$ aumentarão igualmente.
- **d.** a concentração total de íons na solução aumentará, mas $[H_3O^+]$ e $[OH^-]$ não se alterarão.

9. O suco de determinada variedade de limão apresenta, a 25 °C, concentração de íons oxônio, H_3O^+, igual a 0,005 mol/L, ou seja, $5 \cdot 10^{-3}$ mol/L. Qual é a concentração de íons hidróxido nesse meio aquoso? Explique como chegou à resposta.

10. Sabe-se que, a 25 °C, o produto iônico da água (K_W) tem o valor numérico $1{,}0 \cdot 10^{-14}$. Nessa temperatura, verifica-se experimentalmente que determinado molho de tomate apresenta $[H_3O^+] = 6{,}3 \cdot 10^{-5}$ mol/L.
- **a.** Qual é a concentração de íons hidróxido, $[OH^-]$, nesse molho, nessa temperatura?
- **b.** Esse meio é neutro, ácido ou básico?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Escala de *pH* e escala de *pOH*

Conforme mostra a Tabela 1 (do item 1), o valor de K_w, a 25 °C, é $1{,}0 \cdot 10^{-14}$ e, portanto, em um meio aquoso, nessa temperatura, $[H_3O^+] \cdot [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-14}$.

Para ilustrar, consideremos dois exemplos nessa temperatura:

- certa marca de vinagre apresenta $[H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol/L e, consequentemente, tem $[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-11}$ mol/L, a 25 °C;
- determinada variedade de creme dental apresenta $[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-5}$ mol/L e, portanto, a 25 °C, tem $[H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ mol/L.

Note que, em ambos os casos, o produto $[H_3O^+] \cdot [OH^-]$ resulta o valor numérico $1{,}0 \cdot 10^{-14}$. Durante seus trabalhos de pesquisa, o químico dinamarquês Soren Peter Lauritz Sorensen (1868-1939) criou os conceitos de *pH* e de *pOH*, que podem ser assim definidos:

Potencial hidrogeniônico (*pH*) de uma solução: $pH = -\log [H_3O^+]$

Potencial hidroxiliônico (*pOH*) de uma solução: $pOH = -\log [OH^-]$

Decorre dessa definição matemática que, se o *pH* de uma solução aquosa for igual a ***n***, então a $[H_3O^+]$ nessa solução será 10^{-n} mol/L.

Analogamente, se o *pOH* de uma solução aquosa é igual a ***m***, então a $[OH^-]$ nessa solução vale 10^{-m} mol/L.

Assim, o vinagre anteriormente considerado tem $pH = 3$ e $pOH = 11$, e o creme dental citado tem $pH = 9$ e $pOH = 5$. Já a água pura apresenta $pH = 7$ e $pOH = 7$.

Aplicando logaritmo aos dois membros da expressão de K_w:

$[H_3O^+] \cdot [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-14} \quad \Rightarrow \quad \log [H_3O^+] + \log [OH^-] = -14$

Multiplicando os dois membros da igualdade por −1:

$-\log [H_3O^+] - \log [OH^-] = 14 \quad \Rightarrow \quad pH + pOH = 14$

Essa igualdade, válida **a 25 °C**, é ilustrada pelos exemplos apresentados:

- na água pura, $pH + pOH = 7 + 7 = 14$;
- no vinagre mencionado, $pH + pOH = 3 + 11 = 14$;
- no creme dental citado, $pH + pOH = 9 + 5 = 14$.

Como decorrência do que estudamos até aqui, concluímos que, **a 25 °C**:

- **meio neutro** apresenta $[H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow$ $pH = 7$
  $[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow$ $pOH = 7$
- **meio ácido** apresenta $[H_3O^+] > 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow$ $pH < 7$
  $[OH^-] < 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow$ $pOH > 7$
- **meio básico** apresenta $[H_3O^+] < 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow$ $pH > 7$
  $[OH^-] > 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow$ $pOH < 7$

A Tabela 2 apresenta alguns valores típicos de *pH* para alguns materiais e a Figura 2 esquematiza a relação que existe entre *pH*, $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ e *pOH*.

Tabela 2. Valores aproximados de *pH* para alguns materiais, a 25 °C

Material	*pH*
HCl (aq) 1,0 mol/L	0
Suco gástrico	1,0 – 3,0
Suco de limão	2,2 – 2,4
Vinagre	2,4 – 3,4
Suco de laranja	3,0 – 4,0
Água com gás	3,9
Tomate	4,0 – 4,4
Queijo	4,8 – 6,4
Leite de vaca	6,3 – 6,6
Saliva humana	6,5 – 7,5
Água do mar	7,0 – 8,3
Sangue humano	7,35 – 7,45
Clara de ovo	7,6 – 8,0
Leite de magnésia	10,5
Água sanitária	12
NaOH (aq) 1,0 mol/L	14

Fontes: ZUMDAHL, S. S.; ZUMDAHL, S. A.; DECOSTE, D. J. **Chemistry**: an atoms first approach. 3. ed. Boston: Cengage, 2021. p. 536; RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 7. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 34.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

ODS 6

As leis brasileiras proíbem o lançamento em ambiente aquático de efluentes com *pH* fora da faixa de 5 a 9. Compare uma solução aquosa de $pH = 5$ com outra de $pH = 9$:

1. Qual é a mais ácida? Quantas vezes a $[H_3O^+]$ dessa solução é maior que a da outra? Por quê?
2. Qual é a mais básica (alcalina)? Quantas vezes a $[OH^-]$ dessa solução é maior que a da outra? Como você concluiu?

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Cresce acidez

	Meio ácido								Meio básico (alcalino)						
pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$[H_3O^+]$	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
$[OH^-]$	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0
pOH	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Meio ácido								Meio básico (alcalino)						

Cresce basicidade (alcalinidade)

Fonte: TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 537.

Figura 2. Esquema da relação entre *pH*, $[H_3O^+]$, $[OH^-]$ e *pOH*, para meios aquosos, a 25 °C.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

11. A análise de uma determinada marca de água mineral gaseificada resultou *pH* = 4, a 25 °C. Qual é o valor da concentração de íons oxônio, $[H_3O^+]$, e da concentração de íons hidróxido, $[OH^-]$, nesse líquido?

12. Determine o *pH*, a 25 °C, de uma solução 0,1 mol/L de HCl e de uma solução 0,01 mol/L de HCl. Qual delas é a mais ácida e por quê?

13. Calcule o *pH* de uma solução 0,1 mol/L de NaOH e de uma solução 0,01 mol/L de NaOH, ambas a 25 °C. Qual é a mais básica (alcalina) e por quê?

14. Considere os seguintes materiais, a 25 °C:

I. água totalmente pura;

II. solução ácida de bateria de automóvel;

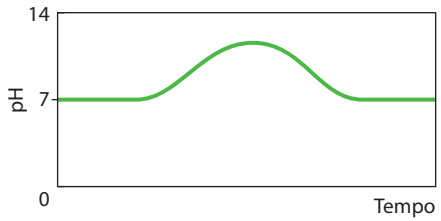
III. leite de magnésia.

Coloque esses materiais em ordem crescente de *pH*.

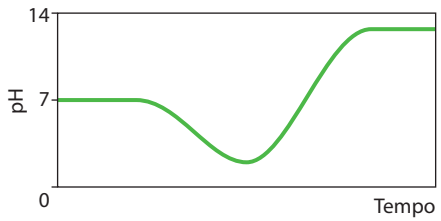
15. (UERJ) Em um reservatório contendo água com *pH* igual a 7, houve um descarte acidental de ácido sulfúrico. Em seguida, foi adicionada uma determinada substância de caráter básico, em quantidade suficiente para neutralizar a acidez. O gráfico que representa o comportamento do *pH* durante esse processo é:

15. c

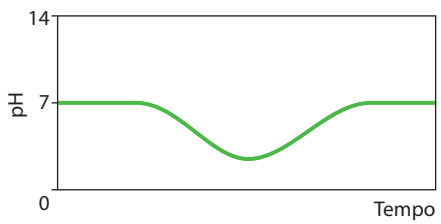
a.



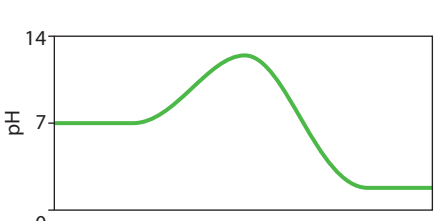
b.



c.



d.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

16. A parte aquosa de determinado suco de laranja apresenta, a 25 °C, concentração de íons H_3O^+ igual a $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L.

Utilizando uma calculadora que tenha a tecla **log** (por exemplo, a calculadora científica de um celular ou computador), você pode determinar o **logaritmo decimal** de um número. Digitando 2,0 e, a seguir, pressionando a tecla **log**, obtemos um resultado que, expresso com duas casas decimais, é 0,30. (Na impossibilidade de acesso a uma calculadora científica, uma busca na internet por "logaritmo decimal de 2" também forneceria esse resultado.)

O significado do valor obtido é:

$$10^{0,30} = 2{,}0$$

Assim, para o suco de laranja mencionado, tem-se:

$$[H_3O^+] = 10^{0,30} \cdot 10^{-4}\ \text{mol/L} = 10^{-3,7}\ \text{mol/L},$$

o que possibilita afirmar que o suco em questão apresenta *pH* = 3,7. Raciocínio similar possibilita o cálculo do *pH* de diferentes meios aquosos.

Alguns valores de logaritmo decimal

número	logaritmo decimal
2,0	0,30
3,2	0,50
5,0	0,70
6,3	0,80

Fonte: tabela elaborada pelos autores.

Considerando a tabela apresentada, determine o *pH* dos meios aquosos mencionados a seguir, todos a 25 °C:

a. suco de limão com $[H_3O^+] = 5{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol/L;

b. molho de tomate com $[H_3O^+] = 6{,}3 \cdot 10^{-5}$ mol/L;

c. suspensão aquosa usada como antiácido estomacal, sob recomendação médica, em cuja fase aquosa se verifica que $[OH^-] = 3{,}2 \cdot 10^{-4}$ mol/L;

d. solução aquosa de soda cáustica, usada em uma indústria de sabão, em que $[OH^-] = 0{,}20$ mol/L.

17. Determinada variedade de suco de limão tem *pH* = 2,3 e determinada variedade de suco de goiaba tem *pH* = 4,3. Considerando-os a 25 °C, determine o valor:

a. da relação $[H_3O^+]_{\text{suco de limão}} / [H_3O^+]_{\text{suco de goiaba}}$;

b. do *pOH* de cada um desses meios aquosos;

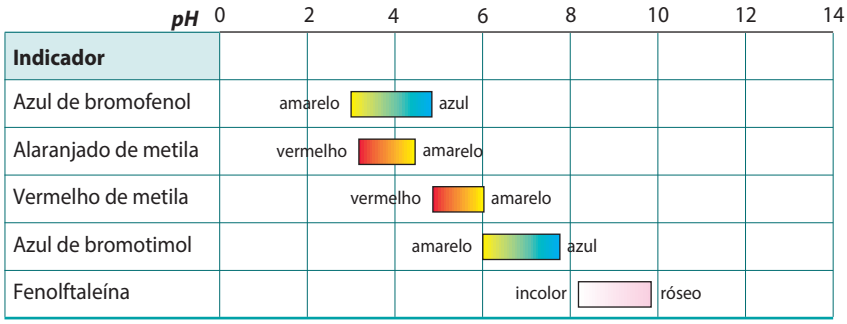
c. da relação $[OH^-]_{\text{suco de goiaba}} / [OH^-]_{\text{suco de limão}}$.

18. Os efluentes de certa indústria apresentavam *pH* = 3,7, demasiadamente ácidos para serem despejados em um rio. Após tratamento apropriado, esses efluentes passaram a ter *pH* = 6,7. O tratamento provocou que alteração numérica em $[H_3O^+]$?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Indicadores ácido-base

Indicadores ácido-base são substâncias que, em solução aquosa, apresentam coloração que depende do *pH* do meio aquoso em que se encontram. Denominamos **faixa de viragem** o intervalo de *pH* no qual um indicador ácido-base tem a coloração alterada (Figs. 3 e 4).



Fonte: ZUMDAHL, S. S.; ZUMDAHL, S. A.; DECOSTE, D. J. **Chemistry**: an atoms first approach. 3. ed. Boston: Cengage, 2021. p. 613.

Figura 3. Faixa de viragem de alguns indicadores ácido-base.

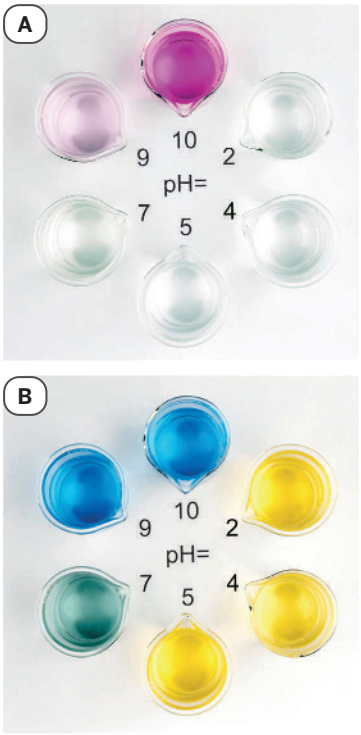
O funcionamento dos indicadores fundamenta-se no fato de serem eles ácidos fracos (que podemos representar por HA) que, em meio aquoso, estabelecem um equilíbrio químico de ionização assim equacionado:

$$\underset{\text{cor 1}}{HA\,(aq)} + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + \underset{\text{cor 2}}{A^-(aq)}$$

e no qual as formas não ionizada (molecular), HA, e ionizada, A^-, têm cores diferentes.

Quando o *pH* do meio diminui (aumento da $[H_3O^+]$ por adição de ácido), esse equilíbrio se desloca no sentido de formar reagentes, prevalecendo a cor 1.

Quando o *pH* aumenta (aumento da $[OH^-]$ por adição de base), íons OH^- reagem com íons H_3O^+, diminuindo sua concentração. Isso acarreta deslocamento do equilíbrio no sentido de formação de produtos, fazendo a cor 2 prevalecer.



FOTOS: RICHARD MEGNA/ FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

Figura 4. Soluções aquosas (inicialmente incolores) de diferentes valores de *pH*, às quais se adicionou fenolftaleína (A) ou azul de bromotimol (B). A viragem da fenolftaleína ocorre ao redor de $pH \approx 9$, e a do azul de bromotimol, por volta de $pH \approx 7$.

NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

19. Em uma publicação técnica, constam os seguintes dados sobre faixa de viragem e cor de indicadores ácido-base:

I. eritrosina: (2,2 – 3,6), laranja – vermelho;

II. verde de bromocresol: (3,8 – 5,4), amarelo – azul;

III. vermelho de metila: (4,8 – 6,0), vermelho – amarelo;

IV. timolftaleína: (8,3 – 10,5), incolor – azul.

Fonte: HARRIS, D. C.; LUCY, C. A. **Quantitative Chemical Analysis**. 10. ed. Nova York: Macmillan, 2020. *E-book*.

Deduza qual será a cor que cada um desses indicadores ácido-base conferirá à solução aquosa se, individualmente, for adicionado a uma amostra, a 25 °C, de:

a. água de chuva de local não poluído, com $pH = 5,6$;

b. água de um lago com $pH = 6,5$;

c. água do mar, na qual $[OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-6}$ mol/L.

20. Técnicos empregaram os indicadores listados na atividade anterior para testar, a 25 °C, amostras de água da chuva coletada em determinado local. Os resultados foram:

- eritrosina: vermelho;
- verde de bromocresol: amarelo;
- vermelho de metila: vermelho;
- timolftaleína: incolor.

Explique, empregando argumentos adequados, o que se pode afirmar sobre o *pH* dessa amostra.

21. Justifique se o indicador ácido-base fenolftaleína, que sofre viragem de incolor a róseo na faixa de *pH* de aproximadamente 8,0 a 9,6, pode ser usado para diferenciar soluções que apresentem *pH*:

a. 3 e 11;

b. 6 e 8;

c. 11 e 12.

4. Solubilidade de gases em água

Pressão e solubilidade de gases em líquidos

A solubilidade de um gás em um líquido é a quantidade máxima desse gás que pode se dissolver de modo estável em uma dada quantidade do líquido, em determinadas condições de pressão e temperatura. Consideremos, por exemplo, o equilíbrio de solubilização do gás oxigênio (O_2) em água (Fig. 5):

$$O_2(g) \rightleftharpoons O_2(aq) \qquad K_C = \frac{[O_2(aq)]}{[O_2(g)]} \quad \Rightarrow \quad [O_2(aq)] = K_C \cdot [O_2(g)]$$

Perceba, pela expressão à direita, que a concentração (em mol/L) de O_2 em solução aquosa é diretamente proporcional à concentração (em mol/L) de O_2 na fase gasosa e que K_C é a constante de proporcionalidade. Experimentalmente, é mais simples medir a pressão do O_2 na fase gasosa, $P(O_2)$, do que sua concentração.

A concentração de um gás é diretamente proporcional à sua pressão; quanto mais mols de gás houver em certo volume de fase gasosa, maior será a pressão exercida por esse gás. Portanto, é conveniente substituir, na expressão matemática mencionada, $[O_2(g)]$ por $P(O_2)$, chegando a $[O_2(aq)] = K_H \cdot P(O_2)$, em que K_H é uma nova constante de proporcionalidade (Tabela 3), que depende do gás, do líquido e da temperatura. A expressão obtida é chamada **lei de Henry**.

Essa expressão está de acordo com a constatação experimental de que, à temperatura constante, a solubilidade de um gás em um líquido é diretamente proporcional à pressão exercida pelo gás sobre o líquido.

Dissolução de dióxido de carbono em água

Vamos empregar a lei de Henry para entender a formação de bolhas quando uma garrafa de água gaseificada é aberta (Fig. 6). Na garrafa lacrada, existem dois equilíbrios químicos de nosso interesse para a explicação:

$$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq) \qquad \textbf{(equilíbrio 1)}$$

$$CO_2(aq) + 2H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq) \qquad \textbf{(equilíbrio 2)}$$

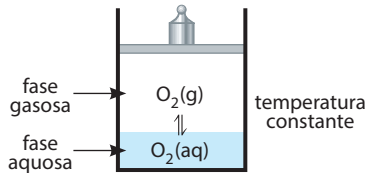
O primeiro deles é o equilíbrio de dissolução do dióxido de carbono gasoso em água. Existe $CO_2(g)$ na fase gasosa acima do líquido exercendo uma pressão de cerca de 2,50 atm, a 25 °C. Ao abrir a garrafa, há escape de $CO_2(g)$ e, se ela for deixada aberta, o valor da pressão do $CO_2(g)$ acima do líquido atingirá finalmente o valor da pressão normalmente exercida por esse componente do ar, no qual existe em porcentagem de 0,04% em mol.

A redução da pressão do $CO_2(g)$ acima do líquido faz com que a concentração do $CO_2(aq)$ se reduza consideravelmente. Isso equivale a dizer que o equilíbrio 1 é deslocado, pela diminuição de pressão, no sentido de formar $CO_2(g)$, o que consome $CO_2(aq)$. A diminuição da $[CO_2(aq)]$, por sua vez, acarreta o deslocamento do equilíbrio 2 no sentido dos reagentes, consumindo $[H_3O^+]$ e diminuindo a acidez do meio aquoso (elevando seu *pH*).

Outros exemplos

O transporte de CO_2 pelo plasma sanguíneo (parte aquosa do sangue) envolve o equilíbrio químico 2 mencionado. Nos tecidos do organismo, nos quais ocorre produção de CO_2 devido à respiração celular, a concentração de $CO_2(aq)$ no plasma é alta e o equilíbrio 2 é deslocado no sentido de formação dos produtos. Quando o sangue passa pelos alvéolos pulmonares, há liberação de $CO_2(g)$ no ar expirado e, consequentemente, há diminuição da concentração de $CO_2(aq)$, o que desloca o equilíbrio 2 no sentido de formação dos reagentes.

O *pH* do sangue humano deve permanecer na faixa de 7,35 a 7,55, e pequeninas variações para fora dessa faixa são suficientes para provocar tonturas e desmaios, seja por alcalose (*pH* acima dessa faixa) ou por acidose (*pH* abaixo dessa faixa).



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. Representação esquemática do equilíbrio entre oxigênio em fase gasosa e em fase aquosa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Tabela 3. Valores da constante da lei de Henry (K_H) para a solubilização de alguns gases em água, a 25 °C

Equilíbrio	K_H ($mol \cdot L^{-1} \cdot atm^{-1}$)
$N_2(g) \rightleftharpoons N_2(aq)$	$6{,}1 \cdot 10^{-4}$
$CO(g) \rightleftharpoons CO(aq)$	$9{,}5 \cdot 10^{-4}$
$O_2(g) \rightleftharpoons O_2(aq)$	$1{,}3 \cdot 10^{-3}$
$CH_4(g) \rightleftharpoons CH_4(aq)$	$1{,}3 \cdot 10^{-3}$
$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$	$3{,}4 \cdot 10^{-2}$

Fonte: GAFFNEY, J. S.; MARLEY, N. A. **Chemistry of environmental systems**: fundamental principles and analytical methods. Hoboken: John Wiley, 2020. p. 509-510.

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 6. Uma garrafa de água mineral gaseificada que ainda não foi aberta é um sistema em que existem equilíbrios químicos que são deslocados no momento em que ela é aberta. O texto do item 4 explica que equilíbrios são esses e os motivos de serem deslocados devido à abertura da embalagem.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Se uma pessoa expira intensa e repetidamente, por exemplo, ao soprar para encher balões de borracha ou emitir notas prolongadas com instrumento de sopro, pode ficar atordoada e até desmaiar devido a uma alteração do *pH* sanguíneo. A expiração intensa diminui rapidamente a concentração de CO_2 (aq) no plasma sanguíneo, o que provoca deslocamento do equilíbrio 2 no sentido dos reagentes, consumindo H_3O^+ e diminuindo, assim, a acidez do sangue (aumento do *pH* do plasma sanguíneo).

O CO_2 é apenas um dos gases dissolvidos no nosso sangue. Há também O_2, N_2 e outros em menor quantidade. A pressão desses gases no ar inspirado influencia a solubilidade de cada um no plasma sanguíneo, de acordo com a lei de Henry. Quando um mergulhador desce a grandes profundidades com cilindros de ar comprimido, a alta pressão da mistura gasosa inalada faz com que seu sangue passe a ter maior concentração de ar dissolvido do que teria se ele estivesse na superfície.

Caso o mergulhador retorne à superfície muito rapidamente, a brusca redução de pressão reduzirá abruptamente a solubilidade dos gases e isso fará com que parte dos gases dissolvidos seja expulsa do plasma, com formação de bolhas em veias e artérias. Essas bolhas podem impedir o fluxo de sangue e provocar dores intensas nas juntas e nos músculos, surdez, paralisia e até morte.

O equilíbrio de dissolução do CO_2 em água (equilíbrio 1) também está relacionado ao fenômeno de formação de estalactites e estalagmites.

Nesse caso, outro equilíbrio químico também envolvido é:

$$CaCO_3(s) + CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2\,HCO_3^-(aq) \quad \textbf{(equilíbrio 3)}$$

Quando a água subterrânea que contém CO_2 dissolvido passa por terrenos contendo calcário (mineral rico em $CaCO_3$), a alta pressão (decorrente do peso das camadas sobre o lençol de água subterrânea) faz com que haja alta concentração de CO_2 dissolvido, o que desloca o equilíbrio 3 no sentido de formação de produtos, solubilizando o $CaCO_3$ na forma de íons Ca^{2+} (aq) e HCO_3^- (aq).

Quando esse líquido goteja dentro de uma caverna, mais abaixo, na qual a pressão é menor, essa redução de pressão provoca saída de CO_2 gasoso da solução aquosa, diminuindo a concentração de CO_2 (aq) e deslocando o equilíbrio 3 no sentido de formação dos reagentes. Assim ocorre formação de $CaCO_3$ sólido, constituinte das estalactites (no teto) e das estalagmites (no chão) (Fig. 7).

DAWID KALISINSKI PHOTOGRAPHY/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 7. Estalactites e estalagmites são formações que contêm carbonato de cálcio precipitado devido a um deslocamento de equilíbrio químico. (Interior das cavernas do Drach, Maiorca, Espanha, 2019.)

Temperatura e solubilidade de gases em líquidos

Quanto à dependência da solubilidade de gases em líquidos com a temperatura, não existe uma tendência válida para todos os casos. Contudo, em geral, o comportamento observado é de diminuição da solubilidade com aumento da temperatura do líquido. Isso significa que, quanto mais aquecido estiver um líquido, menor tende a ser a concentração de um gás nele dissolvido.

É particularmente importante comentar a variação da solubilidade do gás oxigênio em água, pois o O_2 aquoso é necessário aos peixes e outros organismos aeróbicos de um ambiente aquático para a realização do processo respiratório. Por exemplo, a 30 °C, essa solubilidade é cerca de metade do valor a 0 °C. Assim, há maior disponibilidade de gás oxigênio dissolvido em águas mais frias.

Quando instalações industriais e usinas termoelétricas ou termonucleares despejam água quente em mares, lagos ou rios, isso provoca aumento da temperatura média da água, constituindo o que é denominado **poluição térmica**. Mesmo um aumento relativamente pequeno de temperatura pode provocar mortalidade de peixes e de outros organismos aeróbicos devido à redução da solubilidade do oxigênio no meio aquoso (Fig. 8).

ADRIANO KIRIHARA/PULSAR IMAGENS

Figura 8. Cardume de xiras no mar (Parque Nacional Marinho Fernando de Noronha, PE, 2023). O gás oxigênio dissolvido na água, O_2 (aq), é necessário à respiração dos peixes. A poluição térmica de ambientes aquáticos diminui a solubilidade do gás oxigênio em água e pode acarretar a morte desses animais, bem como a de outros seres aeróbicos que vivem no ambiente aquático.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO — Construções comuns em textos científicos

Em outros capítulos, apresentamos algumas estratégias que auxiliam na compreensão de textos e no estudo de Ciências da Natureza. Em adição a elas, vamos agora comentar algumas construções gramaticais que são frequentes na área científica e às quais é importante você estar atento.

Comparação

Estabelecer comparações é comum quando os comportamentos de grandezas vinculadas são explicados. Comparações podem ser indicadas por palavras como "aumenta", "diminui", "cresce", "decresce", "maior" e "menor". Eis um exemplo:

> Quando o *pH* do meio diminui (aumento da $[H_3O^+]$ por adição de ácido), esse equilíbrio se desloca no sentido de formar reagentes, prevalecendo a cor 1.

Fonte: Este capítulo, item 3.

Ressalva ou oposição

Comumente sinalizadas por termos como "mas", "porém", "contudo", "todavia" e "apesar disso", que salientam a ideia que se deseja enfatizar.

> É importante notar que o equilíbrio químico é uma situação de equilíbrio dinâmico, pois as reações direta e inversa não param de ocorrer, mas se processam com a mesma rapidez.

Fonte: Capítulo 15, item 2.

Em uma ressalva ou oposição também podem ser usadas expressões como "embora" e "apesar disso", que demarcam a ideia de menor importância.

> Algumas reações são tão lentas que, embora possa haver tendência termodinâmica a convergir para o equilíbrio, para efeitos práticos a reação não se processa com rapidez observável.

Fonte: Capítulo 15, item 3.

Causa e efeito

Para perceber a relação entre uma causa e um efeito (uma consequência), fique atento a palavras e expressões como "então", "assim", "decorre que", "consequentemente", "causará", "portanto", "fará com que" e outras similares. Por exemplo, as relações envolvidas no trecho a seguir estão esquematizadas na Figura 9.

> Caso o mergulhador retorne à superfície muito rapidamente, a brusca redução de pressão reduzirá abruptamente a solubilidade dos gases e isso fará com que parte dos gases dissolvidos seja expulsa do plasma, com formação de bolhas em veias e artérias. Essas bolhas podem impedir o fluxo de sangue e provocar dores intensas nas juntas e nos músculos, surdez, paralisia e até morte.

Fonte: Este capítulo, item 4.

É importante perceber que, às vezes, a estruturação da frase pode apresentar primeiramente o efeito e, a seguir, explicar a sua causa. Isso frequentemente está associado a termos como "pois", "porque", "devido a", "já que" e "uma vez que". No trecho a seguir, a última das relações de causa e efeito está apresentada dessa maneira, com a utilização da expressão "devido à". A esquematização está na Figura 10.

> Quando instalações industriais e usinas termoelétricas ou termonucleares despejam água quente em mares, lagos ou rios, isso provoca aumento da temperatura média da água, constituindo o que é denominado **poluição térmica**. Mesmo um aumento relativamente pequeno de temperatura pode provocar mortalidade de peixes e de outros organismos aeróbicos devido à redução da solubilidade do oxigênio no meio aquoso.

Fonte: Este capítulo, item 4.

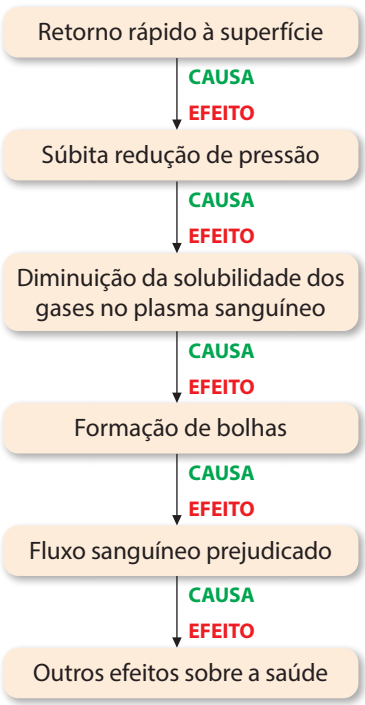


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 9. Possível esquematização de relações de causa e efeito do penúltimo trecho citado nesta seção.

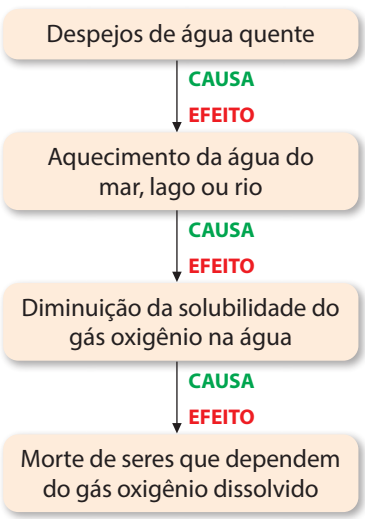


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 10. Possível esquematização de relações de causa e efeito do último trecho citado nesta seção.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

MEIO AMBIENTE ODS 14

Recifes de coral e dióxido de carbono dissolvido nos oceanos

Os corais são animais invertebrados que podem ser encontrados, em certas regiões marinhas, sobre formações de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) sólido depositado por ação do metabolismo desses animais.

As cores dos corais se devem a pequenos organismos, denominados zooxantelas, que vivem associados a eles. Essa associação entre corais e zooxantelas pode ser afetada por fatores ambientais decorrentes da ação humana, resultando na perda das zooxantelas pelo coral. O fenômeno é conhecido como branqueamento de coral (Fig. 11). Os textos a seguir se referem a esses seres vivos e ao prejuízo que sofrem em decorrência de atividades humanas.

MIKE VEITCH/ALAMY/FOTOARENA

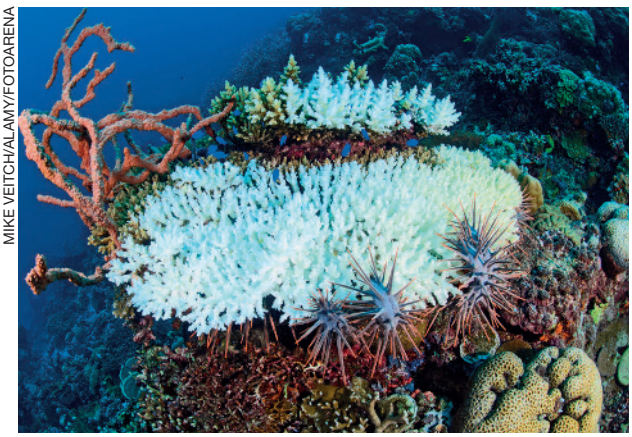


Figura 11. O coral da parte central dessa foto foi vitimado pelo processo denominado branqueamento de coral, descrito nesta seção. (Oceano Pacífico, Província Celebes Centrais, Indonésia, 2014.)

> Os recifes de coral estão entre os ecossistemas mais produtivos que existem [...]. Eles consistem de grandes formações de carbonato de cálcio em mares tropicais rasos que foram depositadas por organismos vivos durante milhares de anos; plantas e animais vivos estão limitados à camada superior dos recifes, onde eles adicionam carbonato de cálcio àquele que foi depositado por seus antecessores. [...]
>
> Os corais formadores de recifes requerem calor, luminosidade e a salinidade da água do mar não diluída. Tais requisitos limitam os recifes de coral às águas rasas entre as latitudes de 30° norte e 30° sul e os excluem de regiões [...] em que desembocam as águas de rios maiores que têm baixa salinidade e turvação elevada. Esses corais requerem luz porque eles contêm dinoflagelados mutualísticos (zooxantelas) vivendo em seus tecidos. As zooxantelas microscópicas são muito importantes para os corais; sua fotossíntese e fixação de dióxido de carbono fornecem moléculas de alimento para seus hospedeiros [...].
>
> O branqueamento de corais acontece quando corais perdem suas zooxantelas e se tornam brancos e quebradiços. A perda das zooxantelas está relacionada ao aquecimento global e o consequente aumento da temperatura dos oceanos. Quando as águas se aquecem, o calor prejudica parte do mecanismo fotossintético das zooxantelas [...].
>
> Estresses ambientais matam os corais diretamente ou os tornam mais suscetíveis às numerosas doenças de corais que têm sido observadas nos anos recentes, bem como ao branqueamento. Além disso, altas concentrações de dióxido de carbono na atmosfera (decorrentes da queima de combustíveis constituídos à base de hidrocarbonetos) tendem a acidificar a água dos oceanos, o que faz com que a precipitação de $CaCO_3$ por corais seja mais difícil metabolicamente.
>
> **Fonte:** HICKMAN JR., C. *et al*. **Integrated Principles of Zoology**. 19. ed. Nova York: McGraw Hill, 2024. p. 288, 291. (Tradução dos autores.)
>
> A perda das zooxantelas pelos corais geralmente resulta em perda da capacidade de secretar o esqueleto de carbonato de cálcio. O desaparecimento generalizado dos corais do Caribe é atualmente considerado responsável pela redução de 32% a 72% das populações de peixes que vivem em recifes, uma alteração potencialmente catastrófica para as comunidades litorâneas que dependem da pesca. A biodiversidade dos recifes de coral correlaciona-se com a área ocupada pelo recife e, portanto, os efeitos a longo prazo da destruição dos recifes são provavelmente cumulativos e difíceis de reverter.
>
> **Fonte:** BRUSCA, R. C.; GIRIBET, G.; MOORE, W. **Invertebrates**. 4. ed. Nova York: Sinauer/Oxford University Press, 2023. p. 227. (Tradução dos autores.)

Em equipes, após análise dos textos apresentados, empreguem os conceitos estudados e os seguintes equilíbrios químicos:

$$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$$

$$CaCO_3(s) + CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2\,HCO_3^-(aq)$$

para explicar duas passagens relevantes do texto: (1) por que a formação de $CaCO_3(s)$ não é favorecida em mares frios; e (2) por que o aumento da concentração atmosférica de dióxido de carbono prejudica a deposição de $CaCO_3$ pelos corais.

A seguir, elaborem um vídeo que explique ao público que os recifes de coral só prosperam em determinadas condições e que a atividade humana os está aniquilando gradualmente. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.) Também na produção, proponham o que a sociedade pode fazer para minimizar ou acabar com esse problema.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

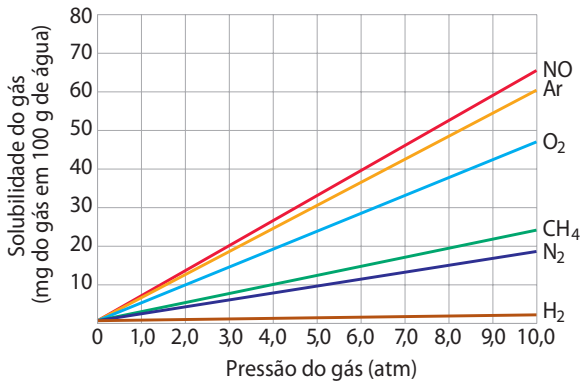
Registre as respostas em seu caderno.

22. O gráfico a seguir mostra a solubilidade de alguns gases em água, a 20 °C.

a. Explique que lei científica ele permite ilustrar.

b. Pelo gráfico, pode-se afirmar que diferentes gases apresentam a mesma solubilidade em água quando nas mesmas condições de pressão e temperatura?

Solubilidade de alguns gases em água, a 20 °C, em função da pressão



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: HILL, J. W. *et al*. **Chimie des solutions**. 2. ed. Quebec: ERPI, 2008. p. 33.

23. Analise o gráfico da solubilidade em água de N_2 (g) e O_2 (g) do ar (a 1 atm) em função da temperatura.

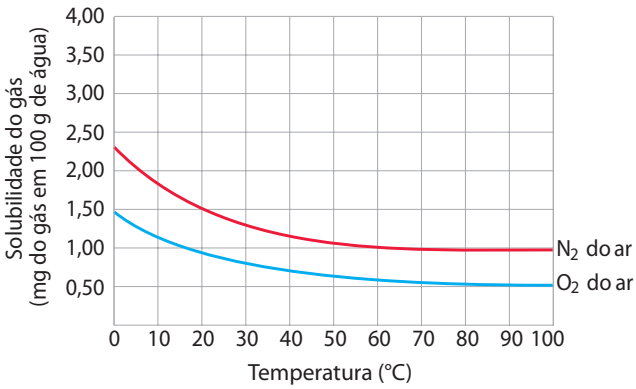
a. Como varia a solubilidade em água do gás nitrogênio e do gás oxigênio quando a água é aquecida?

b. Compare, aproximadamente, a solubilidade do gás oxigênio em água a 0 °C e a 30 °C.

c. Compare, aproximadamente, a solubilidade do gás oxigênio em água a 0 °C e a 100 °C.

d. Considere que despejos industriais de água aquecida em um rio ou lago façam a temperatura da água subir de 15 °C para 35 °C. Por que isso pode matar os peixes? Como se chama esse tipo de poluição?

Solubilidade de O_2 e N_2, do ar a 1 atm, em função da temperatura



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: HILL, J. W. *et al*. *Op. cit.* p 31.

24. (Unicamp-SP) "Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas nos trechos de maior corredeira a quantidade de oxigênio aumenta." Ao ouvir essa informação de um técnico do meio ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: "Estou vendo a água no rio e sei que a água contém, em suas moléculas, oxigênio; então como pode ter acabado o oxigênio do rio?".

a. Escreva a fórmula das substâncias mencionadas pelo técnico.

b. Qual é a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

25. Quando um sal solúvel do tipo bicarbonato é dissolvido em água (como $NaHCO_3$ ou $KHCO_3$), um equilíbrio químico relevante que se estabelece é assim equacionado:

$$HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons CO_2(aq) + 2\,H_2O(l)$$

Explique por que ocorre liberação de dióxido de carbono gasoso (efervescência) quando um ácido (HCl, HNO_3 ou H_2SO_4, por exemplo) é adicionado a essa solução, em recipiente aberto, mas não quando uma base (NaOH ou KOH, por exemplo) é adicionada, nessas mesmas condições.

26. Em uma solução aquosa de um sal solúvel do tipo carbonato (como Na_2CO_3 ou K_2CO_3), estabelecem-se equilíbrios químicos cujas equações são:

$$CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_2O(l)$$
$$HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons CO_2(aq) + 2\,H_2O(l)$$

Preveja a possibilidade de liberação de gás quando um ácido ou uma base é adicionado a essa solução, apresentando argumentos que sustentem sua resposta.

27. Em uma solução aquosa de gás amônia em água, existe o equilíbrio químico assim equacionado:

$$NH_3(aq) + H_2O(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

A exalação de odor de amônia por essa solução, que se deve à liberação de amônia gasosa, NH_3 (g), é intensificada pela adição de uma base (como NaOH ou KOH) e é diminuída pela adição de um ácido (como HCl, HNO_3 ou H_2SO_4). Explique a razão dessa diferença, argumentando em termos de deslocamento de equilíbrio químico.

28. A parte rígida de nossos dentes é constituída predominantemente de hidroxiapatita, $Ca_5(PO_4)_3OH$, que, em presença de água, estabelece o equilíbrio químico cuja equação é:

$$Ca_5(PO_4)_3OH(s) \rightleftharpoons 5\,Ca^{2+}(aq) + 3\,PO_4^{3-}(aq) + OH^-(aq)$$

A fermentação bacteriana de restos de alimentos contendo açúcar, na boca, libera íons H_3O^+. Explique por que esse aumento da acidez bucal pode causar corrosão da hidroxiapatita (processo que conduz à formação da cárie dentária).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Solução-tampão

Muitos meios aquosos podem apresentar variação expressiva de *pH* quando neles se introduz pequena quantidade de ácido ou base. Há, porém, soluções aquosas que, nas mesmas condições, apresentam variações muito pequenas de *pH*. Estudar essas soluções é o tema deste item.

Consideremos inicialmente, a 25 °C, duas amostras de água pura (*pH* = 7) de 1,0 L cada. Adicionando 0,01 mol de HCl a uma delas, seu *pH* diminui para 2. Adicionando 0,01 mol de NaOH à outra, seu *pH* aumenta para 12. Nos dois casos, a variação de *pH* foi de 5 unidades, evidenciando que a introdução de pequena quantidade de ácido ou de base provocou drástica mudança de *pH*.

Existem, contudo, meios aquosos cujo *pH* varia bem menos que isso quando submetidos às mesmas circunstâncias. Consideremos, por exemplo, uma solução, a 25 °C, preparada de modo que contenha 0,1 mol/L de CH_3COOH (ácido acético) **e também** 0,1 mol/L de $NaCH_3COO$ (acetato de sódio). Uma medição revela que ela apresenta *pH* = 4,74. Em frascos distintos, foram separadas duas amostras dessa solução, de 1,0 L cada, adicionando-se 0,01 mol de HCl a uma e 0,01 mol de NaOH à outra. Verificou-se que, na amostra em que se introduziu o ácido, o *pH* diminuiu para 4,65 e, na amostra em que se introduziu a base, o *pH* aumentou para 4,83. Nos dois casos, a variação de *pH* foi de apenas 0,09!

A solução contendo 0,1 mol/L de CH_3COOH e 0,1 mol/L de $NaCH_3COO$ é um exemplo de **solução-tampão**, ou meio **aquoso tamponado** ou **solução tamponada**, que é uma solução cujo *pH* se altera pouco devido à introdução de pequena quantidade de ácido ou de base.

No caso da solução-tampão citada como exemplo ($CH_3COOH/NaCH_3COO$), não ocorrem variações drásticas de *pH* devido à presença de um ácido fraco (CH_3COOH) e de seu respectivo ânion (CH_3COO^-). Ao adicionar HCl a essa solução, íons H_3O^+ provenientes da ionização desse ácido forte reagem com os ânions CH_3COO^-, formando moléculas de H_2O e CH_3COOH (Fig. 12.A). Isso impede um drástico aumento da $[H_3O^+]$ e atenua a redução de *pH*. Por outro lado, ao adicionar NaOH a essa solução, íons OH^- provenientes da dissociação iônica dessa base forte reagem com moléculas de CH_3COOH, produzindo íons CH_3COO^- e moléculas de H_2O (Fig. 12.B). Isso evita o aumento acentuado da $[OH^-]$ e previne, portanto, drástica elevação de *pH*. Assim, quer se adicione um pouco de ácido ou de base à solução-tampão mencionada ($CH_3COOH/NaCH_3COO$), ocorrem processos que impedem bruscas variações de *pH*.

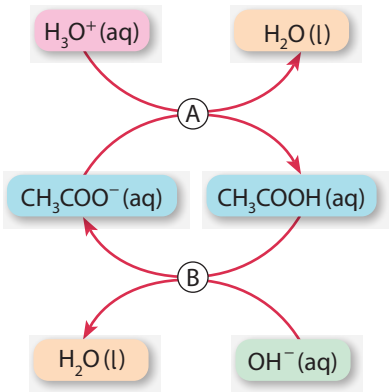


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: NELSON, D. L.; COX, M. M.; HOSKINS, A. A. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 8. ed. Nova York: Macmillan, 2021. *E-book*.
Figura 12. Esquematização da atuação de ânions acetato (CH_3COO^-) e de ácido acético molecular (CH_3COOH) na atenuação de variações de *pH*, conforme explicado no texto, quando se adiciona ácido (A) ou base (B) à solução-tampão constituída por eles.

Em laboratório, quando é necessário manter o *pH* de um meio aquoso aproximadamente constante, dissolvem-se nele solutos que constituam uma solução-tampão. Os solutos devem ser escolhidos de modo que, na solução preparada, haja, simultaneamente, concentração expressiva:

- de uma espécie química (molécula ou íon) que atue como ácido fraco e do ânion correspondente a esse ácido fraco (exemplos: CH_3COOH e CH_3COO^-; CO_2 e HCO_3^-; HCO_3^- e CO_3^{2-}; $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-}); ou
- de uma espécie química que atue como base fraca e do cátion correspondente a essa base fraca (exemplo: NH_3 e NH_4^+).

Muitos fluidos biológicos são meios aquosos tamponados. Nosso plasma sanguíneo (a parte aquosa do sangue), por exemplo, é uma solução de diversos solutos, alguns dos quais constituem tampões que atenuam variações drásticas de acidez/alcalinidade, mantendo o *pH* próximo de 7,45, geralmente na faixa de 7,35 a 7,55. Dois pares de solutos que atuam na tamponação do plasma sanguíneo são CO_2/HCO_3^- e $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$ (Fig. 13).

Soluções-tampão são aplicadas, por exemplo, na composição de medicamentos e de cosméticos, na adequação do *pH* em processos de fermentação, na estabilização da cor de corantes e em estudos bioquímicos.

ACERVO DO MINISTÉRIO DA SAÚDE/ GOVERNO FEDERAL

Figura 13. Existem espécies químicas dissolvidas na parte aquosa do sangue que atuam na minimização de variações de *pH* no plasma sanguíneo. Na foto, parte de uma peça publicitária do Ministério da Saúde de 2023 incentivando a doação regular de sangue, ato de solidariedade que todo cidadão apto deve realizar.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Curadoria de conteúdos

Antes de iniciar a abordagem deste texto, se considerar conveniente, retome com os estudantes a seção *Educação midiática* do Capítulo 12, na qual se abordou o tema *Desinformação e notícias falsas*.

Durante a pandemia de covid-19, circularam diversos textos de desinformação que afirmavam incorretamente que o suco de limão tem *pH* elevado, sendo muito alcalino e capaz de combater o vírus causador da doença. Sobre isso, leia o desmentido do serviço *Fake news não pod*, do Jornal da USP (Universidade de São Paulo):

> A famosa mistura de água com limão promete desde o emagrecimento até a cura do câncer ou da covid-19 por meio da alcalinização do sangue. [...] Não é necessário ser um especialista para saber que isso se trata de conversa fiada, *fake news*.
>
> Nenhum alimento é capaz de tornar nosso sangue mais alcalino. O *pH* do sangue deve ser mantido em torno de 7,4 para o bom funcionamento das células. O nosso organismo tem um sistema, chamado tamponamento, que consegue manter o *pH* na faixa ideal. Qualquer variação para cima ou para baixo, mesmo que pequena, pode ser perigosa à saúde e até mesmo levar à morte. [...] Se um alimento tivesse a capacidade de alcalinizar o organismo, isso poderia causar danos à saúde.

Fonte: JORNAL DA USP. ***Fake News* Não Pod #56:** Água com limão não deixa o sangue mais alcalino. Disponível em: https://jornal.usp.br/podcast/fake-news-nao-pod-56-agua-com-limao-nao-deixa-o-sangue-mais-alcalino/. Acesso em: 19 out. 2024.

Antigamente, a autoria de textos de elevada circulação era relativamente limitada aos profissionais da mídia. Com a popularização das ferramentas de autoria e a facilidade para postagem, qualquer um pode agora produzir conteúdo e atingir um grande público.

Essa democratização tem um lado bom: garantir que as pessoas possam se expressar e compartilhar conhecimentos. Mas também tem um lado ruim: aumentou a quantidade de materiais disponíveis, o que dificulta encontrar aqueles de boa qualidade.

Nesse contexto, é cada vez mais importante a **curadoria de conteúdos** da informação. Um curador de conteúdos é um estudioso de determinado assunto que recomenda fontes adequadas para quem quer aprender ou se aprofundar nesse assunto. Ele busca, analisa, interpreta e classifica as fontes, indicando as mais adequadas e dizendo por que são recomendadas.

A curadoria de conteúdos pode ser aplicada a livros, artigos científicos, páginas da internet, vídeos, *podcasts*, aulas e cursos gratuitos ou quaisquer outras fontes para estudo, aprendizado e aperfeiçoamento.

PEOPLEIMAGES/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 14. Se o *pH* de uma amostra de chuva, medido a 25 °C, é inferior a 5,6, trata-se de chuva ácida, aquela cuja acidez é mais acentuada que na chuva natural em ambiente não poluído.

Agora, em grupos, vocês farão curadoria de conteúdos sobre um assunto relacionado a este capítulo.

1. Busquem o tema **chuva ácida** (Fig. 14) em diversas fontes de informação, físicas (livros, artigos) e, se possível, digitais (vídeos, *podcasts*, aulas, textos da internet etc.).
2. Leiam e interpretem os materiais obtidos. Com base neles, elaborem um **texto** que explique o que é chuva ácida, suas causas, suas implicações e como preveni-la.
3. Retornem aos materiais obtidos e classifiquem-nos em dois grupos: os que vocês recomendariam a alguém para aprender sobre o tema e os que vocês não recomendariam. As fontes não recomendadas não são apenas aquelas consideradas ruins, mas incluem também publicações que abordam o assunto em um nível muito elevado, que pode ser de difícil compreensão para um iniciante.
4. Organizem as recomendações, iniciando com a mais introdutória e dirigindo-se à mais elaborada. Junto de cada indicação (citação da referência, se for em papel, ou endereço eletrônico, se for publicação digital), escrevam um parágrafo que explique quais são as características daquela recomendação que a tornam útil.
5. Seguindo as recomendações do professor, publiquem a lista de sugestões, que é o resultado do trabalho de curadoria de conteúdos realizado pelo grupo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) Um estudo caracterizou 5 ambientes aquáticos, nomeados de A a E, em uma região, medindo parâmetros físico-químicos de cada um deles, incluindo o *pH* nos ambientes. O gráfico I representa os valores de *pH* dos 5 ambientes. Utilizando o gráfico II, que representa a distribuição estatística de espécies em diferentes faixas de *pH*, pode-se esperar um maior número de espécies no ambiente:

1. d

Gráfico I

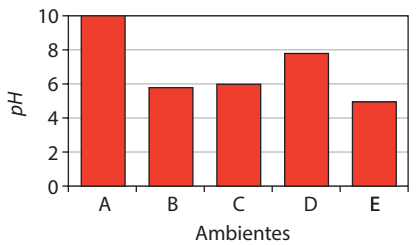
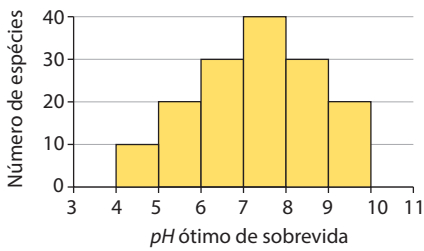


Gráfico II



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

a. A
b. B
c. C
d. D
e. E

2. (Enem) Uma dona de casa acidentalmente deixou cair na geladeira a água proveniente do degelo de um peixe, o que deixou um cheiro forte e desagradável dentro do eletrodoméstico. Sabe-se que o odor característico de peixe se deve às aminas e que esses compostos se comportam como bases.

2. c

Material	Concentração de H_3O^+ (mol/L)
Suco de limão	10^{-2}
Leite	10^{-6}
Vinagre	10^{-3}
Álcool	10^{-8}
Sabão	10^{-12}
Carbonato de sódio/barrilha	10^{-12}

Na tabela, são listadas as concentrações hidrogeniônicas de alguns materiais encontrados na cozinha, que a dona de casa pensa em utilizar na limpeza da geladeira.

Dentre os materiais listados, quais são os apropriados para amenizar esse odor?

a. Álcool ou sabão.
b. Suco de limão ou álcool.
c. Suco de limão ou vinagre.
d. Suco de limão, leite ou sabão.
e. Sabão ou carbonato de sódio/barrilha.

3. (Enem) Numa rodovia pavimentada, ocorreu o tombamento de um caminhão que transportava ácido sulfúrico concentrado. Parte de sua carga fluiu para um curso de água não poluído que deve ter sofrido, como consequência,

3. d

I. mortandade de peixes acima da normal no local do derrame de ácido e em suas proximidades.
II. variação do *pH* em função da distância e da direção da corrente de água.
III. danos permanentes na qualidade de suas águas.
IV. aumento momentâneo da temperatura da água no local do derrame.

É correto afirmar que, dessas consequências, apenas podem ocorrer

a. I e II.
b. II e III.
c. II e IV.
d. I, II e IV.
e. II, III e IV.

4. (Enem) Cinco indústrias de ramos diferentes foram instaladas ao longo do curso de um rio. O descarte dos efluentes dessas indústrias acarreta impacto na qualidade de suas águas. O *pH* foi determinado em diferentes pontos desse rio, a 25 °C, e os resultados são apresentados no quadro.

4. b

Pontos de coleta	Valor do *pH*
Antes da primeira indústria	5,5
Entre a primeira e a segunda indústria	5,5
Entre a segunda e a terceira indústria	7,5
Entre a terceira e a quarta indústria	7,0
Entre a quarta e a quinta indústria	7,0
Após a quinta indústria	6,5

A indústria que descarta um efluente com características básicas é a

a. primeira.
b. segunda.
c. terceira.
d. quarta.
e. quinta.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Em um laboratório de pesquisas médicas, realizou-se a análise, a 25 °C, de uma série de amostras de sangue coletado. Os valores de concentração de H_3O^+ nessas amostras variaram desde $3 \cdot 10^{-8}$ mol/L até $5 \cdot 10^{-8}$ mol/L. Qual é a faixa de *pH* dessas amostras?

Dados: log 3 = 0,5; log 5 = 0,7.

6. (Unifor-CE) Considere a seguinte tabela:

6. c

Indicador	Faixa de *pH* de mudança de cor	Mudança de cor
violeta de metila (I)	0,0 – 3,0	amarelo-violeta
alaranjado de metila (II)	3,3 – 4,6	vermelho-amarelo
vermelho de metila (III)	4,2 – 6,2	vermelho-amarelo
azul de bromotimol (IV)	6,0 – 7,8	amarelo-azul

Para saber o *pH* de uma solução adicionou-se a quatro tubos de ensaio contendo uma pequena quantidade da solução em cada um, algumas gotas de indicadores, anotando a cor resultante na solução.

Indicador	Cor resultante na solução
I	violeta
II	amarelo
III	laranja
IV	amarelo

Pode-se afirmar, em relação ao *pH* da referida solução, que

a. é menor que 3,0.
b. está entre 3,3 e 4,2.
c. está entre 4,6 e 6,0.
d. está entre 6,0 e 7,0.
e. é igual a 7,0.

7. (Fuvest-SP) O indicador azul de bromotimol fica amarelo em soluções aquosas de concentração hidrogeniônica maior do que $1,0 \cdot 10^{-6}$ mol/L e azul em soluções de concentração hidrogeniônica menor do que $2,5 \cdot 10^{-8}$ mol/L.

7. b

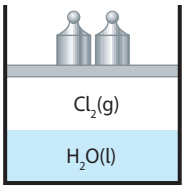
Considere as três soluções seguintes, cujos valores do *pH* são dados entre parênteses: suco de tomate (4,8), água da chuva (5,6), água do mar (8,2). Se necessário, use log 2,5 = 0,4.

As cores apresentadas por essas soluções contendo o indicador são:

	suco de tomate	água da chuva	água do mar
a.	amarelo	amarelo	amarelo
b.	amarelo	amarelo	azul
c.	amarelo	azul	azul
d.	azul	azul	amarelo
e.	azul	azul	azul

8. (Uneb-BA) A água de cloro, usada como bactericida no tratamento de água, é obtida borbulhando-se o gás cloro (Cl_2) em água (H_2O), conforme esquema a seguir. A reação química que ocorre é a representada pela seguinte equação:

8. c



NELSON MATSUDA/ ARQUIVO DA EDITORA

Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.

$$Cl_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons HClO(aq) + HCl(aq)$$

Mantendo a temperatura constante e diminuindo-se a pressão do sistema, podemos afirmar que:

a. diminui o *pH* e diminui a concentração de Cl_2.
b. aumenta o *pH* e aumenta a concentração de H_3O^+.
c. diminuem as concentrações de HClO (aq) e HCl (aq).
d. diminui o *pH* e aumenta a concentração de H_3O^+.
e. o equilíbrio não sofre alteração.

9. (Uerj) Um dos equipamentos de segurança de uma cápsula espacial tripulada efetua a remoção do gás carbônico desse ambiente. Admita que, após um acidente, esse equipamento tenha deixado de funcionar. Observe as curvas do gráfico a seguir:

9. d

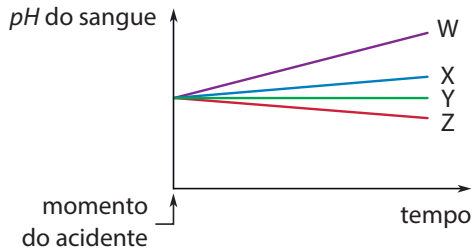


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

A curva que representa a tendência do que deve ter ocorrido, após o acidente, com o *pH* sanguíneo dos tripulantes está identificada por:

a. W **b.** X **c.** Y **d.** Z

10. (UFMG) Considere duas soluções aquosas diluídas, I e II, ambas de *pH* = 5,0.

10. d

A solução I é um tampão e a solução II não.

Um béquer contém 100 mL da solução I e um segundo béquer contém 100 mL da solução II.

A cada uma dessas soluções, adicionam-se 10 mL de NaOH aquoso concentrado.

Determine a alternativa que apresenta corretamente as variações de *pH* das soluções I e II, após a adição de NaOH (aq).

a. O *pH* de ambas irá diminuir e o *pH* de I será maior do que o de II.
b. O *pH* de ambas irá aumentar e o *pH* de I será igual ao de II.
c. O *pH* de ambas irá diminuir e o *pH* de I será igual ao de II.
d. O *pH* de ambas irá aumentar e o *pH* de I será menor do que de II.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

UNIDADE 3 OUTROS CONTEXTOS DE APLICAÇÃO DA QUÍMICA

CAPÍTULO 17

Pilhas e baterias (celas galvânicas)

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 18 do volume de Física desta coleção.

U. J. ALEXANDER/ISTOCK/GETTY IMAGES

Carro elétrico em estação de recarga (Alemanha, 2022). As baterias de carros elétricos podem estabelecer corrente elétrica devido à ocorrência de uma reação química apropriada. Na recarga, essas reações ocorrem no sentido contrário.

Pilhas e baterias constituem produtos de importância para boa parte da sociedade. Sua miniaturização e durabilidade foram fatores que contribuíram para a disseminação de telefones celulares, *tablets* e computadores portáteis nos últimos anos.

Existem reações químicas cuja ocorrência está relacionada à transferência de elétrons de uma espécie química (átomo, molécula, íon) para outra. Reações desse tipo podem, em princípio, ser empregadas em geradores químicos de corrente elétrica, as pilhas e baterias. A corrente elétrica produzida por tais geradores pode se destinar às mais variadas finalidades práticas, desde acender lâmpadas e manter computadores funcionando até possibilitar que um automóvel se movimente.

Mas como uma reação química pode produzir corrente elétrica? Entender a resposta é um dos pontos centrais deste capítulo.

Uma das vantagens das pilhas e baterias é o fato de serem pequenas e, portanto, portáteis. Seu tamanho, porém, representa uma limitação, já que o tempo de funcionamento depende da quantidade de reagentes químicos que nelas existe. Quando ao menos um deles reagir completamente, os dispositivos deixam de produzir corrente elétrica.

As células a combustível não têm essa limitação. São um tipo de pilha em que os reagentes (no caso, um combustível e gás oxigênio) são continuamente fornecidos a partir do meio externo. Assim, a célula pode operar pelo tempo desejado, desde que o suprimento de reagentes seja mantido e ela esteja em condições adequadas de manutenção.

Neste capítulo, você também conhecerá celas a combustível e poderá perceber qual é o princípio envolvido em seu funcionamento.

ARQUIVO PESSOAL

A engenheira e cientista de materiais etíope Sossina Haile (nascida em 1966) recebeu diversos prêmios por suas pesquisas, entre elas o desenvolvimento de baterias que utilizam combustível como um dos reagentes. (Foto de 2024.)

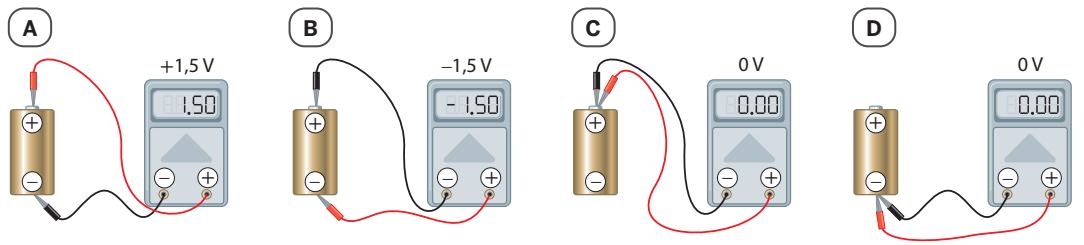
Na década de 1990, Sossina Haile construiu a primeira cela a combustível de ácido sólido, o que abriu caminho para a produção e comercialização desse tipo de gerador elétrico em larga escala. Comente com os estudantes esse exemplo de **protagonismo feminino** em Ciência e tecnologia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Diferença de potencial nos polos de uma pilha

Como funcionam as pilhas e baterias elétricas? Quais são as substâncias que as compõem? O que têm essas substâncias de especial e que papel exercem dentro de tais dispositivos? Por que chega um momento em que a carga das pilhas e baterias acaba, ou seja, por que a capacidade de geração de corrente elétrica por esses dispositivos é finita? Essas são algumas das perguntas que poderão ser respondidas com o que se estuda neste capítulo, que aborda, entre outros temas, os dispositivos que permitem gerar corrente elétrica a partir de determinadas reações químicas.

Comecemos mencionando o voltímetro, um dispositivo usado para medir a **tensão elétrica** entre dois pontos, grandeza que, no Sistema Internacional de Unidades (SI), é expressa em volt (V). Há voltímetros analógicos (de ponteiro) e voltímetros digitais. A Figura 1 consiste de ilustrações que mostram o resultado de medidas feitas com um voltímetro digital e uma pilha comum de lanterna.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. Alguns resultados experimentais que podem ser obtidos com um voltímetro digital e uma pilha comum de lanterna, comercializada como pilha de 1,5 V. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A tensão elétrica entre dois pontos pode ser considerada como sendo a diferença entre uma propriedade individual de cada um desses pontos, denominada **potencial elétrico**, também expressa em volt.

O voltímetro não fornece o valor do potencial elétrico de um ponto, mas sim a **diferença de potencial** (**ddp**) **elétrico** entre dois pontos, que corresponde à tensão elétrica. A Figura 1.A informa que a diferença de potencial elétrico entre os polos positivo e negativo da pilha de lanterna é de 1,5 V. A Figura 1.B informa a mesma coisa; o sinal negativo apareceu por causa da inversão no modo de conectar as extremidades dos fios do voltímetro aos polos da pilha. Ambas as medidas permitem concluir que o polo positivo da pilha de lanterna tem um potencial elétrico 1,5 V maior que o polo negativo ou, de modo equivalente, que o polo negativo tem um potencial elétrico 1,5 V inferior ao polo positivo. Assim, além de medir a diferença de potencial elétrico entre dois pontos, o voltímetro permite concluir qual deles apresenta o maior potencial.

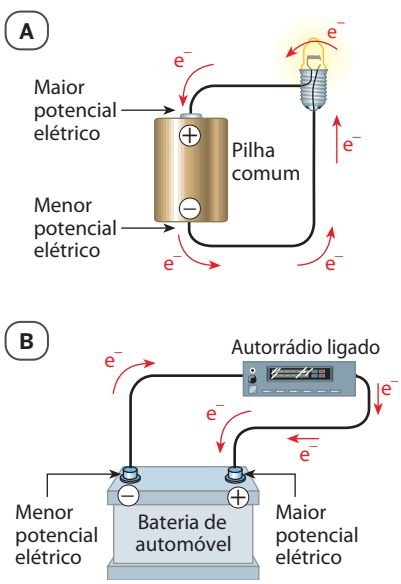
De fato, o polo de uma pilha ou bateria que recebe a designação positivo é aquele que, dentre ambos, apresenta o maior potencial elétrico. A diferença de potencial elétrico nos terminais (polos) de uma pilha ou bateria, medida quando ela não esteja em uso para produzir corrente elétrica, corresponde à força eletromotriz (fem) dessa pilha ou bateria.

Os resultados das Figuras 1.C e 1.D revelam que a diferença de potencial é nula entre dois pontos pertencentes a um mesmo terminal de uma pilha.

Neste capítulo, discutimos a relação entre transformações (reações) químicas e produção de corrente elétrica em circuitos. Em função dos fenômenos estudados, é conveniente que, **na parte metálica dos circuitos elétricos externa à pilha**, ilustremos o sentido da **corrente elétrica real**, ou seja, o **sentido de movimentação dos elétrons**.

As montagens experimentais esquematizadas na Figura 2 ilustram que, quando um condutor elétrico metálico é usado para conectar dois pontos entre os quais há uma diferença de potencial elétrico, estabelece-se uma movimentação ordenada de elétrons pelo fio, ou seja, uma corrente elétrica, com os elétrons se movendo espontaneamente de pontos de menor potencial elétrico para pontos de maior potencial elétrico.

Nesse ponto (se o professor de Física já trabalhou eletrodinâmica), você pode relembrar aos estudantes que a tensão elétrica nos terminais de um gerador (U) é dada por $U = E - ri$, em que E é a força eletromotriz, r é a resistência interna do gerador e i é a intensidade da corrente elétrica que o atravessa. Quando $i = 0$, resulta $U = E$. Assim, quando a pilha ou bateria não alimenta nenhum circuito externo, a tensão elétrica U é equivalente à força eletromotriz E.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 2. Indicação do sentido de movimentação dos elétrons na parte metálica de circuitos elétricos, que é o sentido da corrente elétrica real. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de fevereiro de 1998.

2. Oxidação e redução

A **eletroquímica** estuda a relação entre a corrente elétrica e as reações químicas. Há dois casos de particular interesse para essa área da Ciência. O primeiro é o emprego controlado de certas reações químicas para produzir corrente elétrica, o que ocorre em uma **cela** (ou **célula**) **galvânica** (ou **voltaica**).

A primeira cela galvânica, construída pelo cientista italiano Alessandro Volta (1745-1827) em 1800, era uma pilha de discos de dois metais diferentes intercalados com discos de um material poroso embebido em uma solução aquosa apropriada. Por causa do formato desse dispositivo, uma cela galvânica ainda hoje é chamada de **pilha**, embora seja muito diferente da pilha elétrica de Volta.

O termo **bateria**, por sua vez, é reservado para a associação de duas ou mais pilhas, ainda que essa associação não seja visível do lado externo do dispositivo. É o caso, por exemplo, da bateria de automóvel, que corresponde na verdade à associação de várias pilhas iguais, e que fornece uma tensão elétrica maior que uma só das pilhas presentes em seu interior seria capaz de fornecer. Na linguagem corriqueira, contudo, os termos "bateria" e "pilha" são empregados indistintamente.

Nas baterias, duas ou mais pilhas estão associadas **em série**. Como consequência, a força eletromotriz total da bateria é igual à soma da força eletromotriz das pilhas constituintes da associação. Em uma bateria comum de automóvel, por exemplo, seis pilhas estão associadas em série, cada uma delas com força eletromotriz de aproximadamente 2 V, fazendo com que a bateria tenha força eletromotriz de aproximadamente 12 V. Esse exemplo será tratado na atividade 8 do *Aplicando conhecimentos*.

Um segundo caso de interesse da eletroquímica é o uso da corrente elétrica (gerada, por exemplo, por uma cela galvânica) para forçar a ocorrência de uma reação química que não ocorreria espontaneamente e que tem interesse prático. Uma reação não espontânea, mas que acontece de modo forçado devido à passagem de corrente elétrica, é denominada **eletrólise**, e o dispositivo em que esse processo ocorre é chamado de **cela eletrolítica**.

As celas galvânicas e as celas eletrolíticas, por serem ambas de interesse da eletroquímica, são conjuntamente denominadas **celas eletroquímicas** (Fig. 3). Neste capítulo, estudamos as celas galvânicas e, no Capítulo 19, as eletrolíticas.

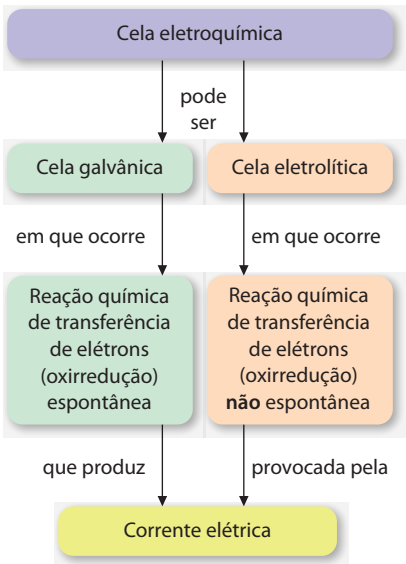


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Uma possível organização de conceitos empregados no estudo da eletroquímica. As celas galvânicas são estudadas neste capítulo e as celas eletrolíticas, no Capítulo 19.

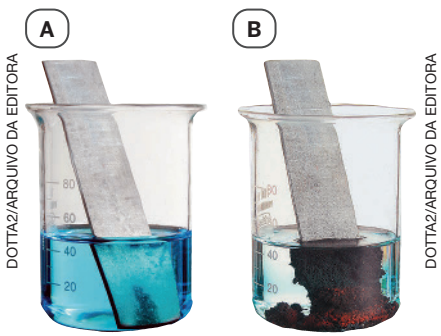
Em toda cela eletroquímica ocorre uma transformação química em que há transferência de elétrons de uma espécie química (átomo, molécula, íon) para outra, denominada reação de **oxirredução**, **oxidorredução** ou **redox**.

Para exemplificar uma reação desse tipo, consideremos a reação química entre zinco metálico e íons cobre(II). Ela pode ser observada ao inserir uma placa de zinco em uma solução aquosa de sulfato de cobre(II). A solução, inicialmente azulada (cor dos íons Cu^{2+} aquosos), vai perdendo sua coloração com o passar do tempo, e a placa de zinco, inicialmente cinza, tem a sua superfície recoberta por um depósito metálico escuro (Fig. 4). A equação da reação que ocorre é:

$$\underset{\text{placa}}{Zn\,(s)} + \underset{\text{solução}}{Cu^{2+}\,(aq)} \rightarrow \underset{\text{depósito}}{Cu\,(s)} + \underset{\text{solução}}{Zn^{2+}\,(aq)}$$

A compreensão desse processo é facilitada desmembrando-o teoricamente em duas etapas: a perda de elétrons pelo átomo de zinco (que pode ser representado por Zn^0, em que o zero sobrescrito ressalta não se tratar de um íon de zinco, mas de zinco metálico) e o recebimento de elétrons pelo íon Cu^{2+}.

A **perda de elétrons** por uma espécie química é chamada de **oxidação**, e o **recebimento de elétrons** é denominado **redução**. A oxidação e a redução sempre acontecem simultaneamente porque os elétrons perdidos pela espécie química que se oxida são recebidos pela espécie química que se reduz, resultando em uma reação de oxirredução.



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 4. (A) Uma placa de zinco metálico, Zn (s) é introduzida em solução aquosa de sulfato de cobre(II). (B) Foto do mesmo sistema após algumas horas. Átomos de Zn^0 da placa reagiram com íons Cu^{2+} da solução transformando-se em íons Zn^{2+} (aq), incolores, e cobre metálico, Cu (s).

No exemplo em questão, as duas etapas teóricas do processo, chamadas de **semirreações**, são a oxidação do zinco metálico, Zn (s), a íons zinco, Zn^{2+} (aq), e a redução dos íons cobre(II), Cu^{2+} (aq), a cobre metálico, Cu (s):

Equação da semirreação de oxidação do Zn^0: $Zn\,(s) \rightarrow Zn^{2+}\,(aq) + \cancel{2e^-}$

Equação da semirreação de redução do Cu^{2+}: $Cu^{2+}\,(aq) + \cancel{2e^-} \rightarrow Cu\,(s)$

(+)

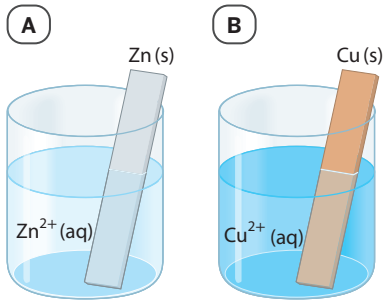
Equação da reação global de oxirredução: $Zn\,(s) + Cu^{2+}\,(aq) \rightarrow Cu\,(s) + Zn^{2+}\,(aq)$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Pilha de Daniell

Do ponto de vista didático, uma das celas galvânicas cujo funcionamento é mais simples de se entender é a **pilha de Daniell**, construída pelo cientista inglês John Frederic Daniell (1790-1845) em 1836, numa época em que a expansão dos telégrafos com fio exigia fontes de corrente elétrica para uso nesse meio de comunicação. A pilha de Daniell é um dispositivo no qual ocorre a reação química entre íons cobre(II) e zinco metálico, comentanda no item anterior. Como se trata de uma reação de oxirredução, a espécie que se oxida – o zinco – transfere elétrons para a que se reduz – os íons cobre(II). Contudo, em vez de essa transferência de elétrons ocorrer diretamente entre reagentes em contato, na pilha de Daniell ela ocorre por meio de um fio metálico.

Considere uma placa de zinco metálico mergulhada numa solução aquosa contendo 1,0 mol/L de íons Zn^{2+} (de um sal solúvel de zinco como, por exemplo, sulfato de zinco, $ZnSO_4$), a 25 °C. Esse conjunto será denominado **semicela** que também pode ser chamada de **meia-cela** ou **eletrodo**) e será representado por Zn^{2+} (aq)/Zn (s) (Fig. 5.A).



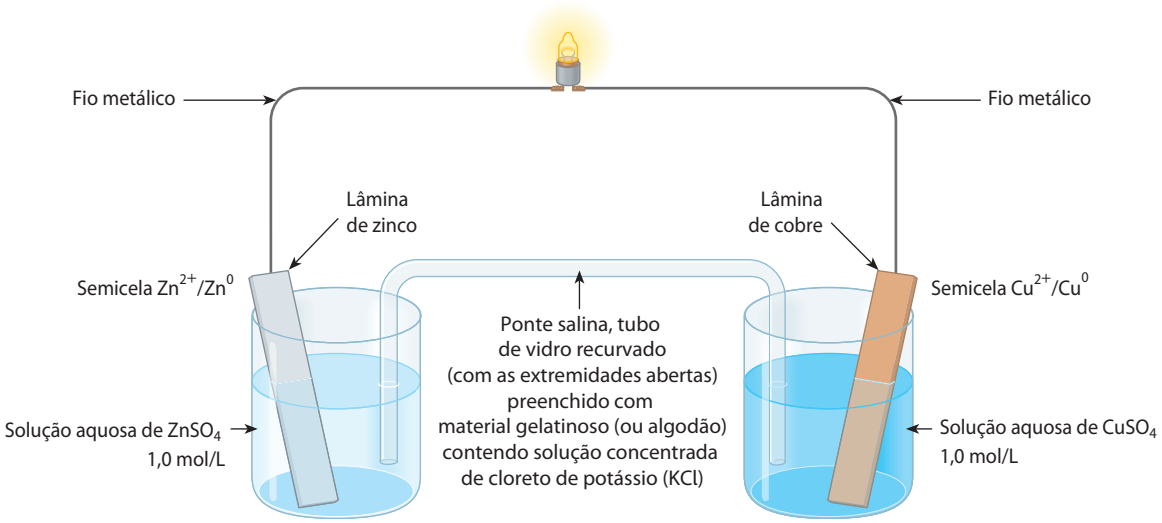
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 964-965.

Figura 5. (A) Semicela Zn^{2+} (aq)/Zn (s). (B) Semicela Cu^{2+} (aq)/Cu (s). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Considere, também, uma placa de cobre metálico mergulhada numa solução aquosa contendo 1,0 mol/L de Cu^{2+} (por exemplo, uma solução de sulfato de cobre(II), $CuSO_4$), a 25 °C. Essa semicela é representada por Cu^{2+} (aq)/Cu (s) (Fig. 5.B).

Ao conectar as placas metálicas da Figura 5 usando fios metálicos e uma lâmpada apropriada e colocar uma ponte salina (falaremos sobre ela logo mais à frente), verifica-se que a lâmpada acende. Essa montagem é a pilha de Daniell (Fig. 6).



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 620.

Figura 6. Montagem experimental conhecida como pilha de Daniell. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Se a lâmpada acende, é porque o conjunto de semicelas, fios metálicos e ponte salina forneceu as condições para a movimentação ordenada de cargas elétricas, originando uma corrente elétrica.

O fato de a lâmpada acender também revela que há uma diferença de potencial elétrico entre as placas metálicas de cobre e zinco.

Substituindo a lâmpada por um voltímetro (que consideraremos ideal), a 25 °C e com 1,0 mol/L de Cu^{2+} (aq) e 1,0 mol/L de Zn^{2+} (aq), verifica-se que a diferença de potencial elétrico entre as placas é de 1,10 V e que **o potencial elétrico da placa de cobre é maior que o da placa de zinco**.

Como o potencial elétrico da placa de cobre é maior que o da placa de zinco (Fig. 7), isso explica por que existe uma tendência de os elétrons se movimentarem, no fio metálico que liga as duas placas metálicas da pilha de Daniell (com a lâmpada e sem o voltímetro), no sentido da placa de zinco para a de cobre.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A semicela de zinco, por apresentar menor potencial elétrico, atua como o polo negativo da pilha, e a semicela de cobre, que tem maior potencial elétrico, atua como polo positivo. Assim, podemos estabelecer uma comparação entre a pilha de Daniell e uma pilha comum de lanterna (Fig. 8).

Estudos mais detalhados sobre o funcionamento da pilha de Daniell (nas condições da Figura 6, isto é, com a lâmpada e sem o voltímetro) revelam que, com o passar do tempo, enquanto a pilha produz corrente elétrica no circuito, a concentração de íons cobre(II) diminui na solução da direita, a concentração de íons zinco aumenta na solução da esquerda, a placa de zinco é corroída e sobre a placa de cobre deposita-se mais cobre metálico.

Esses fatos são consistentes com a ocorrência, durante o funcionamento do dispositivo, da **oxidação do zinco metálico** e da **redução dos íons cobre(II)**.

Esses dois processos, as **semirreações da pilha**, que ocorrem simultaneamente, um em cada semicela, podem ser representados por equações químicas.

Equação da semirreação de oxidação:

$$\underset{\text{placa}}{Zn\,(s)} \rightarrow \underset{\substack{\text{vai para}\\ \text{a solução}}}{Zn^{2+}\,(aq)} + \underset{\substack{\text{vão para o}\\ \text{fio metálico}}}{2\,e^-}$$

Equação da semirreação de redução:

$$\underset{\text{solução}}{Cu^{2+}\,(aq)} + \underset{\substack{\text{vêm do}\\ \text{fio metálico}}}{2\,e^-} \rightarrow \underset{\substack{\text{deposita-se}\\ \text{na placa}}}{Cu\,(s)}$$

O aumento da concentração de $Zn^{2+}\,(aq)$, em uma das soluções, tenderia a fazer com que essa solução ficasse com excesso de cargas positivas e, simultaneamente, a diminuição da concentração de $Cu^{2+}\,(aq)$, na outra solução, tenderia a fazê-la ficar com excesso de cargas negativas (dos íons sulfato, SO_4^{2-}, que não participam da reação). Com isso, o funcionamento da pilha rapidamente cessaria, pois a solução de $Zn^{2+}\,(aq)$ atrairia os elétrons da parte metálica do circuito, impedindo-os de deixar a placa de zinco, e a solução de $Cu^{2+}\,(aq)$ repeliria os elétrons da parte metálica do circuito, impedindo-os de chegar à placa de cobre.

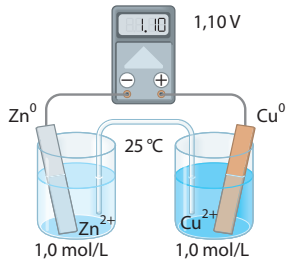
O acúmulo de cargas elétricas nas soluções é evitado pela **ponte salina**, um tubo de vidro recurvado preenchido com material gelatinoso e contendo alta concentração de um sal que não interfira no processo; cloreto de potássio (KCl), por exemplo.

O excesso de cátions $Zn^{2+}\,(aq)$ em uma das soluções é compensado pela migração de íons $Cl^-\,(aq)$ (provenientes da ponte salina) para ela, e o excesso de ânions $SO_4^{2-}\,(aq)$ na outra solução é compensado pela migração de íons $K^+\,(aq)$ da ponte salina para ela.

A ponte salina também possibilita que ânions $SO_4^{2-}\,(aq)$ migrem da semicela de cobre no sentido da semicela de zinco (Fig. 9). Assim, a presença da ponte salina permite que a pilha funcione. De fato, caso a ponte salina seja retirada, verifica-se que a lâmpada se apaga imediatamente, pois o excesso de íons acumulados nas soluções rapidamente impede o fluxo de elétrons através da parte metálica do circuito.

Perceba que **o circuito elétrico inclui o interior da pilha**, porém não é um condutor metálico que conduz a corrente dentro dela, mas sim outro tipo de condutor elétrico: soluções aquosas que contêm íons dissolvidos, denominadas **soluções eletrolíticas**, nas quais as substâncias dissolvidas são genericamente chamadas de **eletrólitos**. Lembre-se de que corrente elétrica é um movimento ordenado de cargas elétricas.

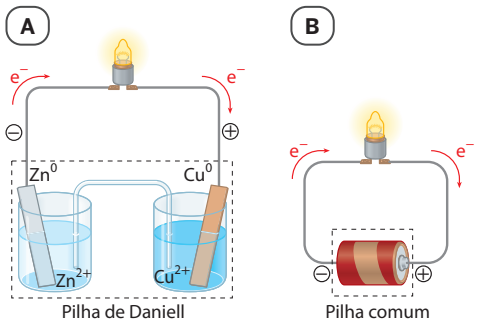
No fio metálico, são os elétrons (dotados de carga elétrica negativa) que se movimentam. Nas soluções, não são elétrons que se movimentam, mas sim cátions e ânions (Fig. 9). Assim, o circuito elétrico em questão consiste de uma parte externa à pilha, formada por fios metálicos e pela lâmpada, e uma parte interna à pilha, na qual a corrente elétrica que atravessa as soluções aquosas consiste de um movimento ordenado de cátions e ânions.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

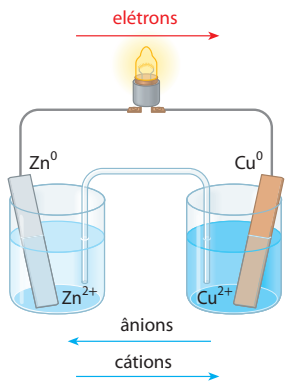
Fonte: BURDGE, J. *Op. cit.* p. 964-965.

Figura 7. Substituindo-se a lâmpada da montagem da Figura 6 por um voltímetro (de comportamento ideal), verifica-se que o potencial elétrico da placa metálica de cobre é 1,10 V maior que o potencial elétrico da placa de zinco. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 8. Comparação entre (A) uma pilha de Daniell e (B) uma pilha comum de lanterna em uso para acender uma lâmpada. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 962.

Figura 9. Indicação do sentido de movimentação das partículas dotadas de carga elétrica (elétrons no fio metálico e íons nas soluções aquosas) durante o funcionamento da pilha de Daniell. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Nomenclatura das semicelas galvânicas

Para todas as celas eletroquímicas, vale a convenção de que a semicela na qual ocorre processo de oxidação é denominada **ânodo** (palavra que também pode ser grafada como **anodo**) e a semicela na qual ocorre processo de redução é denominada **cátodo** (ou **catodo**).

Na pilha de Daniell, o ânodo é a semicela de zinco e o cátodo é a semicela de cobre. A transformação que ocorre em cada uma dessas semicelas é denominada **semirreação**, que pode ser representada por meio de uma equação química. Se somarmos as equações das semirreações anódica e catódica, obteremos a equação global da reação de oxirredução que ocorre na pilha:

Equação da semirreação de oxidação (no ânodo): $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + \cancel{2e^-}$

Equação da semirreação de redução (no cátodo): $Cu^{2+}(aq) + \cancel{2e^-} \rightarrow Cu(s)$

(+)

Equação da reação global de oxirredução: $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) propôs uma maneira esquemática para representar uma cela galvânica. Tal representação é bastante útil, pois permite descrever de modo rápido e simples esse tipo de dispositivo sem a necessidade de desenhá-lo.

Vamos exemplificar essa representação para a pilha de Daniell:

$$Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$$

A barra vertical simples (|) indica a fronteira que separa duas fases, e a barra vertical dupla (||) indica a ponte salina. Do lado esquerdo, é representada a semicela em que ocorre a oxidação (ânodo) e, do lado direito, a semicela em que ocorre a redução (cátodo). Essa interpretação está esquematizada na Figura 10.

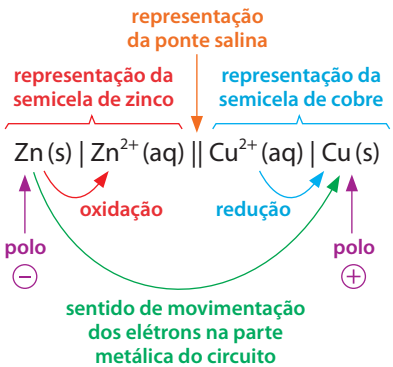


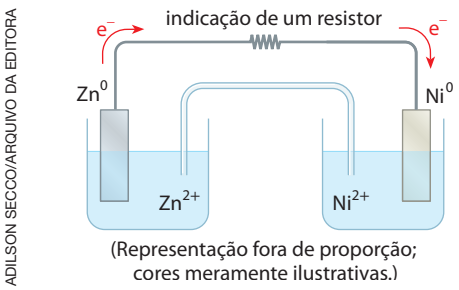
Figura 10. Interpretação da representação da IUPAC aplicada à pilha de Daniell.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. O esquema a seguir ilustra uma pilha em funcionamento e o sentido de movimentação dos elétrons na parte metálica do circuito externa a ela.



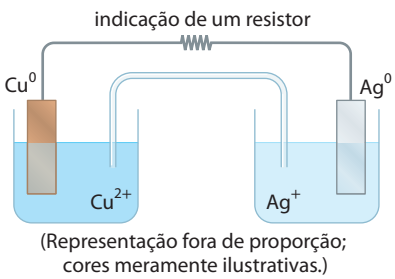
ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Sobre essa pilha, responda às questões:

a. Qual semicela é o ânodo? Qual é o cátodo?
b. Qual placa é o polo negativo? E o positivo?
c. Qual é a espécie química que se oxida? E qual é a que se reduz?
d. Qual é a placa metálica em que ocorre corrosão?
e. Qual é a placa metálica em que se deposita sólido?
f. Equacione a semirreação do ânodo.
g. Equacione a semirreação do cátodo.
h. Equacione a reação global da pilha.
i. Qual é o sentido de movimentação dos íons nas soluções aquosas e na ponte salina?

2. A seguir, esquematiza-se uma pilha na qual, durante o funcionamento, ocorre corrosão da placa de cobre e depósito de metal na placa de prata.



(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Com base nas informações, responda às perguntas:

a. Qual das semicelas é o ânodo? Qual é o cátodo?
b. Qual dos eletrodos é o polo negativo? E o positivo?
c. Que espécie química é oxidada e qual é reduzida?
d. Equacione a semirreação anódica.
e. Equacione a semirreação catódica.
f. Equacione a reação global da pilha.
g. Qual é o sentido de movimentação dos elétrons no fio metálico externo à cela galvânica esquematizada?
h. Qual é o sentido de movimentação dos íons nas soluções aquosas e na ponte salina?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Potencial-padrão de semicela

A diferença de potencial elétrico entre os dois terminais (polo positivo e polo negativo) de uma cela galvânica, medida quando ela não está fornecendo corrente elétrica a um circuito, é denominada força eletromotriz dessa cela. O resultado da medida depende da composição química das semicelas, da temperatura e da pressão.

A **força eletromotriz de uma cela galvânica** medida nas **condições-padrão** (convencionadas como concentração de 1,0 mol/L para espécies em solução aquosa e pressão de 100 kPa para espécies em fase gasosa) e em uma temperatura de interesse (geralmente 25 °C) é representada por $\Delta E^{\ominus}$, em que o símbolo "$\ominus$" sobrescrito faz referência às condições-padrão. (Em algumas publicações, emprega-se o símbolo de grau, $\Delta E°$, no lugar do caractere "$^{\ominus}$"; neste livro, utilizaremos a representação $\Delta E^{\ominus}$.) O valor de $\Delta E^{\ominus}$ é dado por:

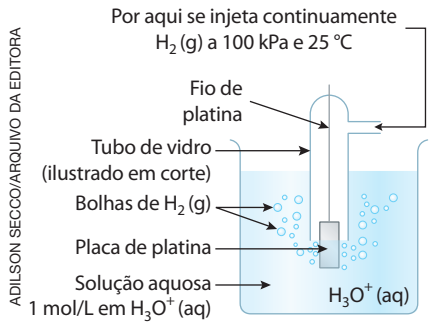
$$\Delta E^{\ominus} = E^{\ominus}_{\text{cátodo}} - E^{\ominus}_{\text{ânodo}}$$

em que $E^{\ominus}$ representa um valor característico de cada semicela denominado **potencial-padrão de semicela**. O conhecimento desses valores é relevante para estudos de eletroquímica, pois permite realizar uma série de previsões úteis (que conheceremos mais à frente, neste capítulo e no próximo).

Medidas experimentais não fornecem os valores de $E^{\ominus}$ individualmente, mas apenas a força eletromotriz $\Delta E^{\ominus}$. Assim, tornou-se necessária a escolha de uma semicela para ser um referencial em experimentos de eletroquímica. À semicela escolhida para isso, chamada **eletrodo-padrão de hidrogênio** (Fig. 11), atribuiu-se o valor $E^{\ominus} = 0$, independentemente de atuar como cátodo ou ânodo.

A platina (Pt), metal nobre (pouco reativo) usado nessa semicela, tem a propriedade de **adsorver** o gás hidrogênio, isto é, reter em sua superfície as moléculas desse gás. Durante o uso desse dispositivo, borbulha-se continuamente gás hidrogênio, $H_2(g)$, a 25 °C e 100 kPa, o que é feito para garantir que sempre exista hidrogênio adsorvido na platina. Ao usar a semicela $H_3O^+(aq)/H_2(g)$, a placa de platina atua como condutor metálico capaz de receber elétrons vindos da parte externa do circuito ou enviar elétrons para ela. As espécies químicas que, de fato, participam do processo de oxirredução são $H_3O^+(aq)$ e $H_2(g)$. Se a semicela atuar como ânodo, a semirreação será a de oxidação de $H_2(g)$ a $H_3O^+(aq)$ e, se atuar como cátodo, será a de redução de $H_3O^+(aq)$ a $H_2(g)$.

Montando celas galvânicas, nas condições-padrão e a 25 °C, em que uma das semicelas é o eletrodo-padrão de hidrogênio, medidas de força eletromotriz revelaram, por exemplo, que uma semicela $Ag^+(aq)/Ag(s)$ tem potencial elétrico 0,80 V **maior** que o eletrodo-padrão de hidrogênio (Fig. 12.A) e que uma semicela $Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$ tem potencial elétrico 0,76 V **menor** que o eletrodo-padrão de hidrogênio (Fig. 12.B).



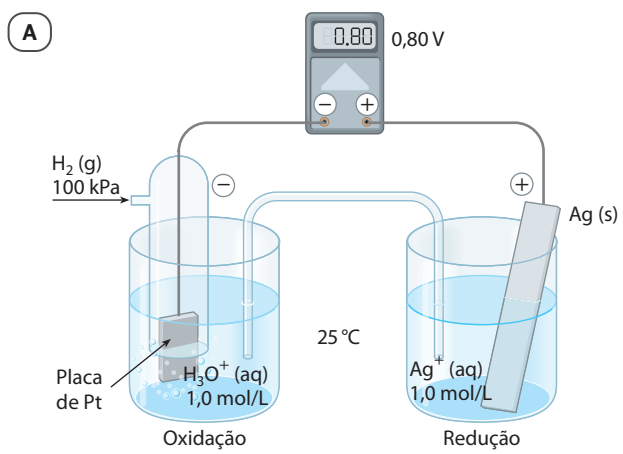
ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. **Chemistry**: the Molecular Nature of Matter and Change. 9. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2021. p. 964.

Figura 11. Eletrodo-padrão de hidrogênio, representado por $H_3O^+(aq)/H_2(g)$ ou, de modo simplificado, $H^+(aq)/H_2(g)$. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Se essa semicela (eletrodo-padrão) atuar como ânodo, a semirreação será
$H_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2H_3O^+(aq) + 2e^-$,
também escrita simplificadamente como
$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$.

Se essa semicela (eletrodo-padrão) atuar como cátodo, a semirreação será
$2H_3O^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2H_2O(l)$,
representada simplificadamente como
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$.



Fonte: elaborado a partir de OVERBY, J.; CHANG, R. **Chemistry**. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2022. *E-book*.

Figura 12. Exemplos de celas galvânicas em que uma das semicelas é o eletrodo-padrão de hidrogênio e a outra é a semicela (A) $Ag^+(aq)/Ag(s)$ e (B) $Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Esses resultados permitem deduzir qual é o valor de potencial-padrão ($E^\ominus$) de cada uma das duas semicelas, valores que podem ser assim representados:

$Ag^+(aq) + e^- \rightleftarrows Ag(s) \quad E^\ominus = +0{,}80\,V$ ou $E^\ominus(Ag^+(aq)/Ag(s)) = +0{,}80\,V$

$Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftarrows Zn(s) \quad E^\ominus = -0{,}76\,V$ ou $E^\ominus(Zn^{2+}(aq)/Zn(s)) = -0{,}76\,V$

O símbolo $\rightleftarrows$ indica que a semirreação pode, em princípio, ocorrer como redução ou oxidação, dependendo da outra semicela envolvida.

Por convenção, ao apresentar o valor de potencial-padrão de semicela, deve-se fazê-lo acompanhado da semirreação de redução, razão pela qual alguns autores o denominam *potencial-padrão de redução*.

A força eletromotriz da cela galvânica da Figura 12.A é dada por:

$$\Delta E^\ominus = E^\ominus_{cátodo} - E^\ominus_{ânodo} = E^\ominus(Ag^+(aq)/Ag(s)) - E^\ominus(H_3O^+(aq)/H_2(g))$$

$$\Delta E^\ominus = +0{,}80\,V - 0{,}00\,V = +0{,}80\,V$$

e a força eletromotriz da cela galvânica da Figura 12.B é dada por:

$$\Delta E^\ominus = E^\ominus_{cátodo} - E^\ominus_{ânodo} = E^\ominus(H_3O^+(aq)/H_2(g)) - E^\ominus(Zn^{2+}(aq)/Zn(s))$$

$$\Delta E^\ominus = 0{,}00\,V - (-0{,}76\,V) = +1{,}10\,V$$

Como comentamos no item 1, os **elétrons de um fio metálico tendem a se mover espontaneamente de pontos de menor potencial elétrico para pontos de maior potencial elétrico**. Assim, quando uma cela galvânica é empregada nas condições-padrão para gerar corrente elétrica em um circuito, os elétrons se movimentam, na parte metálica desse circuito, da semicela de menor $E^\ominus$ para a semicela de maior $E^\ominus$.

Potenciais-padrão de semicela (Tabela 1) possibilitam prever, entre duas semicelas, qual atuará como cátodo e qual atuará como ânodo ao serem usadas em uma pilha nas condições-padrão. A semicela de **maior $E^\ominus$** tenderá a atrair elétrons pela parte metálica do circuito e a atuar como **cátodo**, pois nela ocorrerá **redução**. Ao contrário, a semicela de **menor $E^\ominus$** tenderá a perder elétrons para a parte metálica do circuito e a atuar como **ânodo** porque nela acontecerá **oxidação**.

Os valores de potencial-padrão de semicela também possibilitam prever a força eletromotriz de uma pilha nas condições padrão ($\Delta E^\ominus$). Para a pilha de Daniell nas condições-padrão (Fig. 13), usando dados da Tabela 1, temos:

$$\Delta E^\ominus = E^\ominus_{cátodo} - E^\ominus_{ânodo} = E^\ominus(Cu^{2+}(aq)/Cu(s)) - E^\ominus(Zn^{2+}(aq)/Zn(s))$$

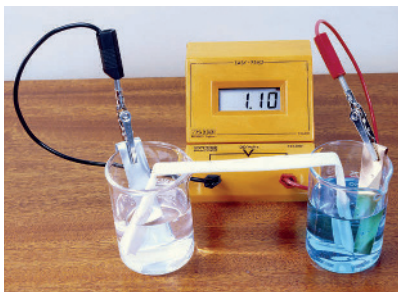
$$\Delta E^\ominus = 0{,}34\,V - (-0{,}76\,V) = +1{,}10\,V$$

Tabela 1. Potencial-padrão (1,0 mol/L e 100 kPa) para algumas semicelas, a 25 °C.

Equação da semirreação					$E^\ominus$ (V)
$Na^+(aq)$	+	e^-	$\rightleftarrows$	$Na(s)$	−2,71
$Mg^{2+}(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Mg(s)$	−2,38
$Al^{3+}(aq)$	+	$3\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Al(s)$	−1,66
$Zn^{2+}(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Zn(s)$	−0,76
$Fe^{2+}(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Fe(s)$	−0,45
$Sn^{2+}(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Sn(s)$	−0,14
$Pb^{2+}(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Pb(s)$	−0,13
$2\,H_3O^+(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$H_2(g) + 2\,H_2O(l)$	0,00
$Cu^{2+}(aq)$	+	$2\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Cu(s)$	+0,34
$Ag^+(aq)$	+	e^-	$\rightleftarrows$	$Ag(s)$	+0,80
$Au^{3+}(aq)$	+	$3\,e^-$	$\rightleftarrows$	$Au(s)$	+1,50

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 9. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 94-97.

De acordo com o Compendium of Chemical Terminology – IUPAC Recommendations (conhecido como *Gold Book*), publicação que contém as recomendações da União Internacional de Química Pura e Aplicada referentes ao uso da terminologia química, em uma equação química "diferentes símbolos são usados para conectar os reagentes e produtos, com os seguintes significados: = para uma relação estequiométrica; → para uma reação completa no sentido direto; ⇄ para uma reação que ocorra em ambos os sentidos; e ⇌ para uma reação em equilíbrio". (O *Gold Book* é disponibilizado em https://goldbook.iupac.org/, acessado em: 19 out. 2024.) Assim, é **recomendável** usar o símbolo ⇄ em **equações de semirreações** ao tabelar valores de potencial-padrão de semicela, pois são equações de processos que podem ocorrer nos dois sentidos, direto ou inverso, dependendo da outra semicela usada na montagem da cela galvânica.
Essa simbologia não deve ser confundida com a que indica equilíbrio químico (⇌).



ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 13. Medida da força eletromotriz de uma pilha de Daniell nas condições-padrão, a 25 °C.
A resistência elétrica do voltímetro usado é muito alta se comparada à resistência interna da pilha, o que permite considerá-lo como um voltímetro ideal nesse experimento.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Células galvânicas a combustível

Uma **célula** [galvânica] **a combustível** [...] gera eletricidade diretamente de uma reação química, como em uma bateria, mas usa reagentes que são fornecidos continuamente. [...] Uma célula a combustível que opera com hidrogênio e oxigênio foi instalada no ônibus espacial [programa espacial estadunidense anterior ao atual]. Uma das vantagens é que o único produto da reação da célula, a água, pode ser utilizado para o suporte da vida.

Em uma versão simplificada de célula a combustível, um combustível como o gás hidrogênio passa sobre um eletrodo de platina, o gás oxigênio passa por outro eletrodo semelhante e o eletrólito é uma solução de hidróxido de potássio em água. Uma membrana porosa separa os compartimentos dos dois eletrodos. Muitas variedades de células a combustível são possíveis e, em algumas, o eletrólito é uma membrana sólida de polímero ou uma cerâmica. [...]

A célula de hidrogênio-oxigênio usada no ônibus espacial é chamada de célula a combustível alcalina, porque seu eletrólito é alcalino:

Ânodo: $2\,H_2\,(g) + 4\,OH^-\,(aq) \rightarrow 4\,H_2O\,(l) + 4\,e^-$

Eletrólito: $KOH\,(aq)$

Cátodo: $O_2\,(g) + 4\,e^- + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow 4\,OH^-\,(aq)$

Embora o custo impeça seu uso em muitas aplicações práticas, as células a combustível alcalinas são as mais usadas na indústria aeroespacial.

Um eletrólito ácido pode também ser usado, como na célula a combustível de ácido fosfórico:

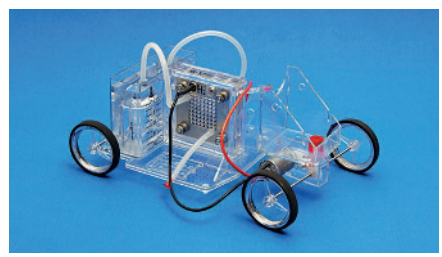
Ânodo: $2\,H_2\,(g) \rightarrow 4\,H^+\,(aq) + 4\,e^-$

Eletrólito: $H_3PO_4\,(aq)$

Cátodo: $O_2\,(g) + 4\,H^+\,(aq) + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$

[...] Embora o gás hidrogênio seja um combustível interessante, ele tem desvantagens em aplicações móveis, pois é difícil de armazenar e de manuseio perigoso. Uma possibilidade para células a combustível portáteis é armazenar o hidrogênio em nanotubos de carbono, silício e compostos como WS_2 ou TiO_2. As moléculas de hidrogênio são facilmente adsorvidas na superfície desses materiais e os nanotubos têm área superficial muito grande. As fibras de carbono trançadas são capazes de armazenar enormes quantidades de hidrogênio e fornecem densidade de energia duas vezes igual à da gasolina. Outra opção é o uso de compostos organometálicos ou hidretos inorgânicos, como o hidreto de alumínio e sódio, $NaAlH_4$, dopado [propositalmente misturado com] com titânio.

Fonte: ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018. p. 585.

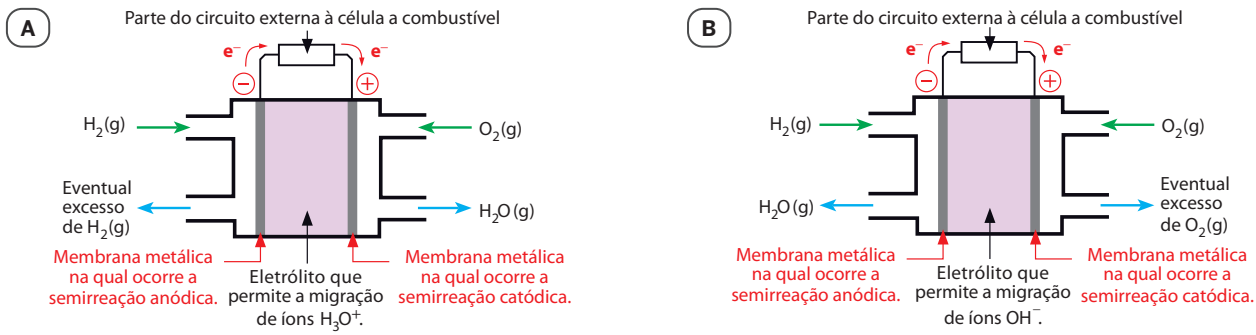


GIPHOTOSTOCK/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 14. Pequeno modelo de veículo (comprimento aproximado 20 cm) com célula a combustível. Essa célula é o dispositivo quadrado. Os reservatórios de gases estão na traseira e o motor está na dianteira.

Em equipes, depois da leitura e da interpretação do texto explicativo sobre células a combustível e da observação da Figura 14, realizem as atividades a seguir.

1. Demonstrem, empregando informações apresentadas no texto, que a equação da reação global de uma célula a combustão envolvendo os gases hidrogênio e oxigênio é a mesma, independentemente de o eletrólito ser alcalino ou ácido.
2. A Figura 15 representa, de forma esquemática, duas células a combustível envolvendo os gases hidrogênio e oxigênio. Analisem os esquemas e deduzam qual deles se refere ao caso de eletrólito ácido e qual se refere ao caso de eletrólito alcalino. Expliquem quais foram os critérios empregados para fazer essa associação.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: KOTZ, J. C. *et al*. **Chemistry & chemical reactivity**. 11. ed. Boston: Cengage, 2023. p. 951; ROBINSON, J. K.; MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. **Chemistry**. 8. ed. Hoboken: Pearson, 2020. p. 854.

Figura 15. Esquemas para a atividade 2. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Pesquisando em diversas fontes

No Capítulo 5, explicamos o que é fichamento de conteúdos. Apresentaremos agora outra técnica, o **fichamento bibliográfico** empregado para realizar uma pesquisa em diversas fontes de informação.

A técnica consiste (Fig. 16) em usar fichas para registrar os tópicos de pesquisa, cada tópico em uma ficha. Uma boa prática é colocar, no canto superior esquerdo de cada ficha, um número que identifica o tópico. Também em fichas, registram-se as referências bibliográficas usadas, sejam obras impressas, livros digitais ou endereços de internet; uma referência por ficha. Pesquise as **regras de citação da ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas), pois elas são as mais recomendadas. No canto superior direito de cada ficha, coloque uma letra para identificar a publicação.

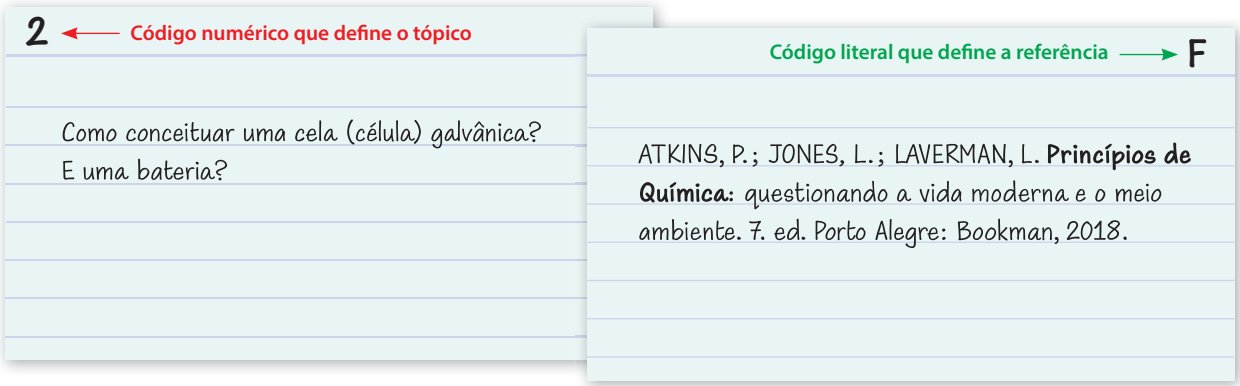


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada a partir de HARLAND, D. J. **STEM student research handbook**. Arlington: NSTA Press, 2011. p. 42.

Figura 16. Exemplo de uma ficha de tópico de pesquisa (à esquerda) e de uma ficha de referência bibliográfica (à direita).

Agora vem a parte em que as fichas elaboradas se tornam úteis para agilizar o processo. Ao ler e estudar cada referência (**A**, **B**, **C** etc.) e encontrar informações relevantes sobre os tópicos (**1**, **2**, **3** etc.), essas informações devem ser registradas em outra ficha, indicando nos cantos superiores o número do tópico e a letra da referência (Fig. 17). Não se esqueça de indicar a(s) página(s) em que a informação se encontra, caso seja uma publicação impressa. Assim, essas fichas com as informações podem ser dispostas sobre uma mesa e organizadas para encadear as ideias, sem que isso prejudique o controle da origem da informação.

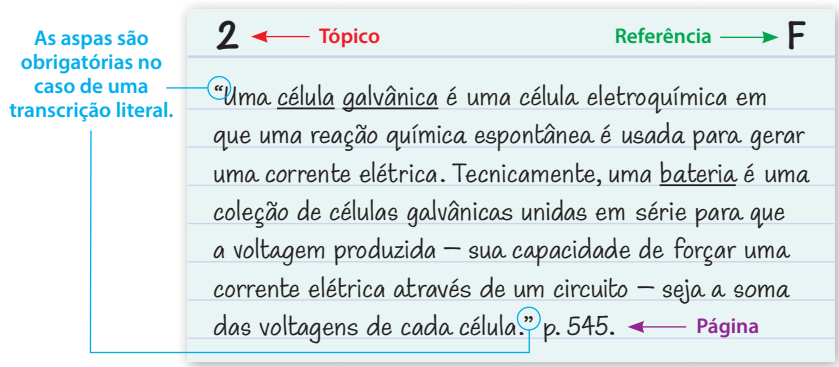


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada com texto de ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018. p. 545.

Figura 17. Exemplo de uma ficha contendo informação proveniente de uma fonte pesquisada.

Ao elaborar um trabalho em que diversas fontes foram consultadas, deve-se colocar, ao final, o item chamado **bibliografia** (ou **referências bibliográficas**), no qual todas as publicações utilizadas devem ser relacionadas, preferencialmente no formato ABNT.

Em trabalhos de Ensino Médio, é conveniente que cada referência receba um número (que pode ser distinto daquele que você usou nas fichas) e esse número deve ser indicado no texto **toda vez** que uma ideia ou dado de uma fonte foi usado, imediatamente após essa utilização. A indicação desse número pode ser feita entre parênteses ou, então, com o caractere sobrescrito.

Um ponto fundamental é **nunca cometer plágio**. O plágio consiste em usar ideias e dados de outra(s) pessoa(s) sem deixar claro de onde essas informações provêm. Ainda que você modifique as palavras originais de um autor, deve dar o devido crédito indicando a fonte. E, se você **citar literalmente** o que outra pessoa escreveu, é necessário **colocar o trecho entre aspas** e, é claro, indicar a referência. O plágio, intencional ou não, é coisa séria. Dependendo do contexto, constitui crime!

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

CIÊNCIA E TECNOLOGIA | MEIO AMBIENTE | SAÚDE | ODS 4 | ODS 12

Fazer **divulgação científica** é mostrar ao público não especializado aspectos das Ciências da Natureza e sua relevância.

Usando a técnica sugerida na seção *Estratégia de estudo* anterior, cada equipe deve pesquisar as informações necessárias e com elas elaborar um vídeo – com linguagem e dinâmica apropriadas para prender a atenção e mostrar a **importância da Ciência e da Tecnologia para os indivíduos e a sociedade** – divulgando a relevância das pilhas e baterias e das tecnologias associadas a elas. Escolham um tipo comercial de pilha ou bateria e utilizem-no como exemplo central do vídeo. Falem sobre a composição desse dispositivo e as semirreações que nele acontecem quando está em uso. Caso a pilha ou bateria seja do tipo recarregável, expliquem o que acontece (quais as reações envolvidas) na recarga do dispositivo.

Não deixem de incluir no vídeo um aspecto de fundamental importância: que prejuízos à saúde humana e ao ambiente podem ser decorrentes do descarte incorreto de pilhas e baterias em geral e, em particular, da que foi escolhida pelo grupo. Investiguem recursos digitais (por exemplo, vídeos, simuladores e animações) que possam ser empregados para ilustrar esses problemas e **conscientizar a população**.

Digam quais são os componentes de pilhas e baterias que são altamente tóxicos e expliquem a razão dessa toxicidade. Proponham atitudes individuais que todo cidadão deve ter ao fazer o descarte desses produtos, bem como atitudes coletivas da sociedade para prevenir problemas causados pelo descarte incorreto. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

3. Considere os seguintes potenciais-padrão de semicela, a 25 °C:

$Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightarrow Zn(s) \qquad E^\ominus = -0{,}76\ V$

$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) \qquad E^\ominus = +0{,}80\ V$

Uma cela galvânica foi montada com uma ponte salina adequada e essas duas semicelas, a 25 °C, nas condições-padrão.

Determine o valor da força eletromotiz dessa pilha, nas condições mencionadas ($\Delta E^\ominus$).

4. Considere que a cela da atividade anterior esteja em uso para produzir corrente elétrica em um circuito elétrico fechado.

a. Qual das semicelas atua como ânodo?

b. Qual das placas metálicas será o polo positivo?

c. Qual espécie química será oxidada e qual será reduzida?

d. Equacione as semirreações anódica e catódica.

e. Determine a equação da reação global da pilha.

f. Qual é o sentido de movimentação dos elétrons na parte metálica do circuito elétrico externa à cela galvânica?

g. Qual é o sentido de movimentação dos íons na ponte salina?

5. Considere os seguintes dados:

$E^\ominus(Al^{3+}(aq)/Al(s)) = -1{,}66\ V$

$E^\ominus(Cu^{2+}(aq)/Cu(s)) = +0{,}34\ V$

Três estudantes elaboraram as representações a seguir para a pilha que pode ser formada por essas duas semicelas, das quais apenas uma é correta. Determine qual é a representação correta, justifique sua escolha e equacione a reação global da pilha em questão.

Estudante 1: $Al(s) \mid Al^{3+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

Estudante 2: $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Al^{3+}(aq) \mid Al(s)$

Estudante 3: $Al(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Al^{3+}(aq) \mid Cu(s)$

6. Consultando a tabela de potenciais-padrão de semicela apresentada neste capítulo, determine a força eletromotriz, nas condições-padrão ($\Delta E^\ominus$) e a 25 °C, para uma cela galvânica cuja reação global é assim equacionada:

$2\,Al(s) + 3\,Pb^{2+}(aq) \rightarrow 2\,Al^{3+}(aq) + 3\,Pb(s)$

7. Nas pilhas comuns, usadas por exemplo em lanternas e brinquedos, as semirreações podem ser assim equacionadas:

I. $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$

II. $2\,MnO_2(s) + H_2O(l) + 2\,e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2\,OH^-(aq)$

a. Cite uma espécie química cuja quantidade diminui com o funcionamento da pilha.

b. Qual das semirreações é a catódica? Por quê?

c. Qual das semirreações ocorre no polo que emite elétrons para a parte do circuito externa à pilha?

8. A bateria empregada usualmente em automóveis, também denominada acumulador de Planté – em homenagem ao físico e inventor francês Gaston Planté (1834-1889) –, é formada por uma associação de seis celas galvânicas iguais. As semicelas empregadas têm os seguintes valores de potencial-padrão, a 25 °C:

$PbSO_4(s) + 2\,e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \qquad E^\ominus = -0{,}36\ V$

$PbO_2(s) + 4\,H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2\,e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2\,H_2O(l) \qquad E^\ominus = +1{,}69\ V$

a. Represente a equação da reação global da pilha.

b. Cite uma substância consumida enquanto ela funciona.

c. Na bateria de automóvel, seis dessas celas galvânicas são conectadas em série, o que faz com que a força eletromotriz total da bateria seja seis vezes o $\Delta E^\ominus$ de cada uma dessas celas galvânicas. Determine a força eletromotriz total, considerando condições-padrão e 25 °C.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Pilhas de limão em série

Objetivo

Construir uma bateria com quatro pilhas em série e utilizá-la para acender um LED. Propor uma explicação para o funcionamento, considerando as semirreações envolvidas.

Material (para cada grupo)

- 2 limões

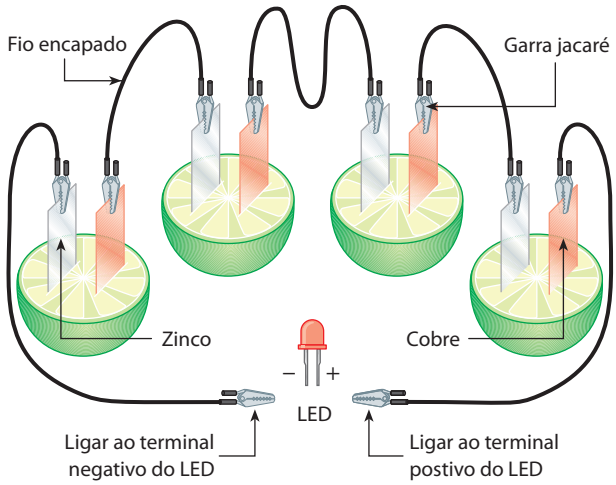
> **Respingos de suco de limão na pele provocam manchas quando ocorre exposição ao sol. Por isso, esse experimento deve ser realizado na sombra. Após a realização, as mãos devem ser bem lavadas com água e sabão antes de se expor ao sol! Tenha cuidado ao manusear a faca para evitar acidentes!**

- faca
- 1 LED (diodo emissor de luz) vermelho (se não houver, usem uma lâmpada de lanterna que funciona com duas pilhas de 1,5 V)
- 4 placas de cobre retangulares de tamanho aproximado 2 centímetros por 5 centímetros (se não houver, podem ser substituídas por 4 pedaços de fio grosso de cobre desencapado de comprimento aproximado 5 centímetros); se o cobre estiver oxidado, lixem-no com palha de aço
- 4 placas de zinco retangulares de tamanho aproximado 2 centímetros por 5 centímetros (se não houver, podem ser substituídas por 4 pregos galvanizados – isto é, de ferro revestido de zinco – de comprimento aproximado 5 centímetros); se o zinco estiver oxidado, lixem-no com palha de aço
- 5 fios metálicos encapados de comprimento entre 20 e 40 centímetros com garras do tipo jacaré nas duas pontas

Façam o experimento em um **local que possa ser escurecido** para que a luz emitida pelo LED seja perceptível.

Procedimento

1. Peguem 3 fios e prendam uma placa de cobre e uma placa de zinco nas garras jacaré das suas extremidades. Prendam uma placa de cobre na extremidade de um fio e uma placa de zinco na extremidade de outro.
2. Usando a palma da mão, pressionem com força cada limão sobre uma mesa e rolem-no sobre essa superfície, mantendo a pressão. Façam isso com cada limão por cerca de um minuto; a finalidade é romper algumas das estruturas internas que contêm o suco do limão. Cortem cada limão ao meio e disponham-nos sobre uma mesa.
3. Espetem as placas na superfície cortada dos limões conforme indicado na Figura 18. Cada placa deve penetrar no mínimo 1 centímetro no limão. As placas devem ficar próximas entre si (se possível, a cerca de 1 a 1,5 centímetro), mas **não** devem se tocar.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 18. Ilustração da montagem experimental.

4. Verifiquem na base do LED se há marcação de terminal positivo e negativo. Se não houver, verifiquem se há um chanfro (corte reto) na base circular: o chanfro indica o terminal negativo. O LED só acende se for ligado a um circuito elétrico respeitando a sua polaridade.
5. Conectem as duas garras jacaré livres aos terminais do LED: a garra do fio conectado à placa de zinco deve ser conectada ao terminal negativo do LED (Fig. 18).
6. Verifiquem se o LED acende. Caso ele não acenda, verifiquem se as conexões estão corretas, se a polaridade do LED foi respeitada e se não há placas se tocando.
7. Registrem as observações.
8. Os fios e o LED devem ser removidos e guardados. As placas devem ser lavadas com água, secadas e guardadas. Os limões devem ser descartados no lixo comum; eles **não** devem ser usados na alimentação.
9. Levem bem as mãos com água e sabão para remover quaisquer respingos de suco de limão, pois **tomar sol com suco de limão na pele produz queimaduras e manchas escuras que levam muito tempo para sair**.

Conclusões

Considerem as informações:

- o suco de limão é ácido;
- não existem íons de cobre no suco de limão;

Fundamentados nessas informações, naquilo que estudaram e nas observações feitas ao realizar o experimento, proponham uma **explicação** para o que foi observado.

Troquem ideias sobre sua explicação com os outros grupos e discutam-na com o professor.

A seguir, elaborem um relatório sobre essa atividade prática, incluindo as observações realizadas e as conclusões tiradas, **argumentando** com base em princípios da Química. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*.)

Ao final do item 6 do procedimento, se houver um voltímetro disponível, ajude os estudantes a medir a tensão elétrica nos terminais de cada uma das quatro celas e também da associação das quatro em série.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MUNDO DO TRABALHO

Que rumos o trabalho tomará?

ECONOMIA
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

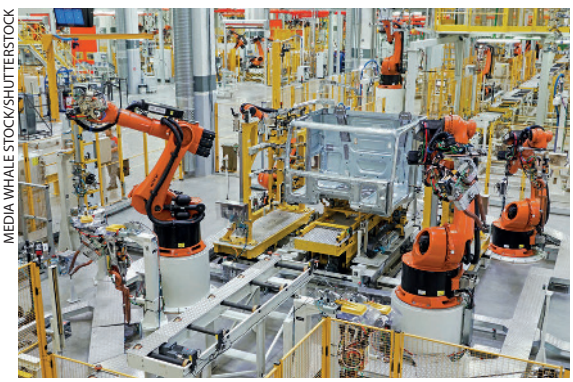
Os avanços na tecnologia das pilhas e baterias permitiu que dispositivos móveis conectados à internet – celulares, *tablets* e *notebooks* – se tornassem menores e mais fáceis de transportar, além de proporcionar maior tempo de uso entre as recargas elétricas. Com isso, esses equipamentos se tornaram importantes ferramentas de trabalho para profissionais de diversas áreas.

Paralelamente, inovações tecnológicas possibilitaram mudanças em processos envolvidos no trabalho. Por exemplo, devido à automatização das fábricas, robôs hoje executam funções que eram de operários (Fig. 19). Em várias áreas, profissões foram extintas, como telegrafista, tipógrafo, linotipista, datilógrafo e acendedor de lampiões. (Se você nunca ouviu falar delas, pesquise e descubra por que novas tecnologias as tornaram obsoletas.) Atualmente, ao telefonar para o atendimento ao consumidor de grandes empresas, é comum sermos atendidos por vozes computadorizadas e não mais por seres humanos.

Que rumos as atividades profissionais seguirão? Quais outras profissões tendem a ser extintas? Que novas oportunidades surgirão (Fig. 20)? Para você, é importante refletir sobre isso e, principalmente, se informar continuamente a respeito. Sua atuação no mundo do trabalho será influenciada pelas tecnologias recentes e por outras que surgirão. O melhor é estar adequadamente preparado.

Em um mundo complexo, com mais de oito bilhões de pessoas, que apresenta distribuição muito desigual de renda e no qual a interconectividade é maior do que nunca, alguns pontos que podem influenciar os rumos do trabalho, além das tecnologias, são as alterações nas relações trabalhistas, as mudanças demográficas nos países e a globalização.

A mudança de relações trabalhistas em um contexto de precarização do trabalho e plataformização será abordada na seção *Mundo do trabalho* do Capítulo 24.



MEDIA WHALE STOCK/SHUTTERSTOCK

Figura 19. Linha de produção robotizada (Tóquio, Japão, 2023). A automatização de atividades industriais repetitivas eliminou diversos postos de trabalho.

DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS

Figura 20. Estudantes em uma competição nacional de robótica (São Paulo, SP, 2020). Eles estão em formação para poder atuar em carreiras profissionais ligadas à mecatrônica.

Sobre a temática apresentada, em grupos, realizem as atividades a seguir.

1. Determinadas atividades profissionais que, no passado, precisavam ser realizadas localmente podem, hoje, ser encaminhadas de forma quase instantânea para execução em países nos quais a mão de obra é mais barata. Citem exemplos dessas atividades e expliquem por que esse processo globalizado de transferência geográfica do trabalho pode tornar mais difícil conseguir o primeiro emprego.
2. Pesquisem e discutam que mudanças ocorrerão no mundo do trabalho devido aos avanços tecnológicos, como automação, informatização e uso de inteligência artificial? Que profissões têm grandes chances de desaparecer? Quais estarão em alta? Que novas atividades poderão surgir? Quais padrões vocês percebem nessas mudanças relacionadas ao avanço tecnológico?
3. Levando em conta as conclusões das atividades anteriores e a **realidade local**, façam um levantamento das atividades profissionais que apresentam oportunidades de emprego atualmente e que provavelmente continuarão a apresentá-las no futuro próximo.
4. Pesquisem qual é a formação necessária para atuar nas atividades profissionais listadas. Onde essa formação pode ser obtida? Existem centros de formação na sua região? São formações que podem ser obtidas pela internet, em cursos à distância?

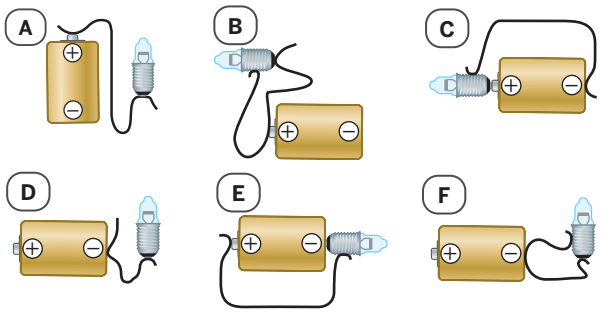
Ao final, cada grupo deve expor à classe as suas conclusões, conforme orientações do professor. Ao realizar essa exposição aos colegas, lembre-se de que você estará contribuindo para que eles conheçam caminhos profissionais possíveis e possam se interessar por saber mais a respeito. Então, tenha a consciência de que, nesse caso, **você poderá ser um agente desencadeador de mudanças positivas na vida de outras pessoas**. Conduza a atividade com empenho e seriedade.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Usando um fio metálico, uma lâmpada apropriada para acender com tensão elétrica de 1,5 V e uma pilha de 1,5 V foram feitas as montagens experimentais mostradas a seguir. Preveja em quais delas a lâmpada deve acender e justifique sua previsão.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representações esquemáticas, em cores meramente ilustrativas.)

2. Para os casos da atividade anterior em que, segundo sua previsão, a lâmpada deve acender, elabore um esquema que mostre o trajeto dos elétrons na parte metálica do circuito elétrico externa à pilha.

3. 3. e (Enem) Os bafômetros (etilômetros) indicam a quantidade de álcool, C_2H_6O (etanol), presente no organismo de uma pessoa através do ar expirado por ela. Esses dispositivos utilizam células a combustível que funcionam de acordo com as reações químicas representadas:

(I) $C_2H_6O\,(g) \rightarrow C_2H_4O\,(g) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^-$

(II) $\frac{1}{2}\,O_2\,(g) + 2\,H^+\,(aq) + 2\,e^- \rightarrow H_2O\,(l)$

Fonte: BRAATHEN, P. C. Hálito culpado: o princípio químico do bafômetro. **Química Nova na Escola**, n. 5, maio 1997 (adaptado).

Na reação global de funcionamento do bafômetro, os reagentes e os produtos desse tipo de célula são

a. o álcool expirado como reagente; água, elétrons e H^+ como produtos.

b. o oxigênio do ar e H^+ como reagentes; água e elétrons como produtos.

c. apenas o oxigênio do ar como reagente; apenas os elétrons como produto.

d. apenas o álcool expirado como reagente; água, C_2H_4O e H^+ como produtos.

e. o oxigênio do ar e o álcool expirado como reagentes; água e C_2H_4O como produtos.

4. 4. c (Acafe-SC) Existe uma técnica de utilização de energia elétrica em automóveis que é muito promissora: a célula de combustível. Esta tecnologia consiste em utilizar hidrogênio para produzir eletricidade. O hidrogênio passa por membranas de platina, onde é dividido em elétrons e íons. É gerada uma diferença de potencial, obtendo-se assim energia elétrica. Os íons reagem posteriormente com oxigênio, formando água, o único detrito do processo, conforme equação a seguir.

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l) + \text{energia}$$

Nesse sentido, assinale a alternativa correta.

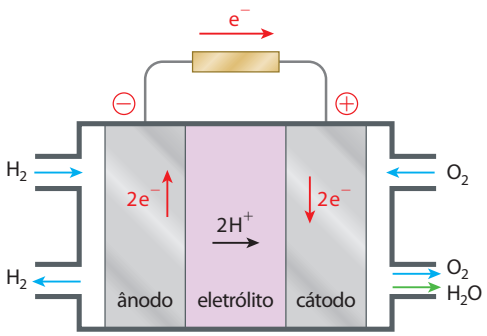
a. O oxigênio é reduzido no ânodo.

b. O hidrogênio é reduzido no ânodo.

c. O hidrogênio é oxidado no ânodo.

d. O oxigênio é oxidado no cátodo.

5. 5. a (Enem) O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. **Química Nova na Escola**, n. 15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

a. transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.

b. converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

c. transforma energia química em energia elétrica, porém, emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.

d. converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.

e. converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 18

Oxidantes e redutores

ALF RIBEIRO/FOTOARENA

Solos férteis contêm grande diversidade de seres vivos, entre eles bactérias conhecidas como nitrificantes, envolvidas na manutenção da fertilidade de solos. (Plantação de café, Vera Cruz, SP, 2024.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No capítulo anterior, conceituamos **reação de oxirredução** como uma transformação química em que elétrons são transferidos de uma espécie química (molécula, íon) para outra. Embora tenhamos introduzido esse conceito durante o estudo das celas galvânicas, as reações desse tipo acontecem também em diversas outras situações.

Processos de transferência de elétrons são mais comuns do que você pode imaginar e ocorrem em fenômenos cotidianos, como a combustão de substâncias e a formação de ferrugem. Além disso, acontecem em todos os seres vivos. Para citar dois exemplos, a respiração celular e a fotossíntese consistem em reações de oxirredução.

O conjunto de todas as reações químicas que ocorrem em um organismo vivo e são inerentes ao seu funcionamento recebe o nome de metabolismo. Uma parte dos processos metabólicos de todos os seres vivos envolve reações de oxirredução.

Os procariontes, seres vivos cujo organismo é constituído de uma única célula que não apresenta núcleo delimitado por membrana nem estruturas membranosas no citoplasma (organelas), apresentam uma enorme diversidade de processos metabólicos, alguns dos quais são altamente específicos e relacionados a condições ambientais particulares às quais estão adaptados.

Entre os diversos procariontes que vivem nos solos, estão as bactérias nitrificantes. Para obter energia, algumas delas convertem amônio (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) e, simultaneamente, gás oxigênio (O_2) em água H_2O. Outras convertem nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-) e gás oxigênio (O_2) em água (H_2O). Como podemos concluir, a partir dessas informações, que esses são processos de oxirredução? Qual reagente perde elétrons e qual os recebe? O estudo deste capítulo vai capacitá-lo não apenas a entender as respostas como o ajudará a ampliar o seu entendimento do que é transferência de elétrons.

1. Equacionamento de semirreações

Neste capítulo, apresentaremos dois raciocínios que possibilitam responder às perguntas propostas no texto de abertura. Primeiramente, neste item, chegaremos a uma resposta elaborando semirreações. Depois, abordaremos o conceito de número de oxidação e, utilizando-o, mostraremos outra maneira de chegar à resposta. Na sequência, comentaremos que as duas abordagens são visões complementares, ambas importantes na compreensão do que é uma reação de oxirredução.

Uma **reação química de oxirredução**, **oxidorredução** ou **redox** é aquela em que ocorre transferência de elétrons entre espécies químicas (átomos, moléculas, íons). A perda de elétrons por uma espécie química é chamada de **oxidação**, e o recebimento de elétrons é denominado **redução**. A oxidação e a redução sempre acontecem simultaneamente porque **os elétrons perdidos pela espécie química que se oxida são recebidos pela espécie química que se reduz**, resultando em um processo de oxirredução.

A compreensão da transferência de elétrons nesse tipo de reação química é facilitada desmembrando-a teoricamente em duas etapas: a da oxidação e a da redução. Cada uma dessas etapas corresponde a uma **semirreação** e pode ser representada por uma equação química (Fig. 1).

Para facilitar a elaboração da equação de uma semirreação, os cientistas empregam uma sequência estruturada de etapas que vamos exemplificar com a transformação de íon amônio (NH_4^+) em íon nitrito (NO_2^-).

Primeiramente, escrevemos as fórmulas das espécies químicas reagente e produto com uma seta entre elas, que indica que o reagente se transformou quimicamente no produto: $NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$. Ao fazer isso, focamos nossa atenção no elemento químico presente que não seja oxigênio (O) nem hidrogênio (H), que, neste caso, é o elemento químico nitrogênio (N). Para igualar o número de átomos desse elemento nos dois lados, colocamos na frente das duas fórmulas um número apropriado, chamado **coeficiente estequiométrico** (ou, simplesmente, **coeficiente**): $1\,NH_4^+ \rightarrow 1\,NO_2^-$.

Coeficientes unitários não precisam ser explicitamente indicados. Assim, ao escrever $NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$, deixamos subentendido que os coeficientes das espécies químicas NH_4^+ e NO_2^- são "1" e que o elemento nitrogênio já está balanceado, ou seja, o número de seus átomos é igual nos dois lados. Assim, temos:

$$NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$$

A seguir, inserimos a quantidade apropriada de moléculas de água (H_2O) em um dos lados da seta (no caso, o esquerdo), a fim de balancear o elemento químico oxigênio (O):

$$NH_4^+ + 2\,H_2O \rightarrow NO_2^-$$

Para balancear o elemento químico hidrogênio (H), inserimos a quantidade apropriada de íons H^+ do lado em que for necessário (no caso, o direito):

$$NH_4^+ + 2\,H_2O \rightarrow NO_2^- + 8\,H^+$$

Com isso, os elementos químicos nitrogênio, oxigênio e hidrogênio estão balanceados. Só falta uma coisa: **os reagentes e os produtos devem apresentar a mesma carga elétrica total**, pois uma transformação química deve estar de acordo com o fato de que a carga elétrica se conserva.

Para expressar corretamente a conservação da carga elétrica, inserimos elétrons (representados por e^-) do lado apropriado (no caso, o direito):

$$NH_4^+ + 2\,H_2O \rightarrow NO_2^- + 8\,H^+ + 6\,e^-$$

Vamos conferir a carga elétrica. No primeiro membro (antes da seta), a carga elétrica total é: $+1 + 0 = +1$. No segundo membro (depois da seta), a carga elétrica total é: $-1 + 8 - 6 = +1$. O equacionamento da semirreação está concluído.

Que conclusão podemos tirar da equação obtida?

MICHAEL CLARKE

Figura 1. A bioquímica britânica Patricia Hannah Clarke (1919-2010, em foto de 2005), que dedicou a carreira à pesquisa de reações químicas do metabolismo de seres unicelulares, entre as quais reações de oxirredução.

Em um de seus artigos científicos, Clarke apresentou os resultados de investigações sobre a potencialidade de bactérias produzirem sulfeto de hidrogênio (H_2S) a partir de diferentes substâncias presentes no meio em que se desenvolvem. As rotas metabólicas de produção de H_2S por procariontes frequentemente envolvem reações de oxirredução, cujas semirreações podem ser equacionadas com o que se estuda no item 1. Clarke foi enfática defensora de iguais oportunidades para mulheres e homens na educação e no mundo do trabalho.

A IUPAC recomenda a denominação oxônio para o H_3O^+ (cf. *IUPAC Gold Book*, disponível em https://goldbook.iupac.org/, acesso em 19 out. 2024, ou CONNELLY, N. G. *et al.* **Nomenclature of Inorganic Chemistry:** IUPAC Recommendations 2005. Cambridge: IUPAC/RSC Publishing, 2005). Anteriormente esse íon recebeu as denominações hidrônio e hidroxônio.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Na literatura científica, ao equacionar semirreações de reações que ocorrem em meio aquoso, é extremamente frequente a utilização da representação H^+.

Esse íon, contudo, não existe isoladamente em meio aquoso (não é estável e se liga a uma molécula de água (H_2O), originando a espécie H_3O^+, denominada íon oxônio.

Assim, ao encontrar ou utilizar a representação H^+ em uma semirreação, lembre-se de que se trata de um reagente ou de um produto que está ligado à água, sob a forma de H_3O^+ aquoso.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ao se transformar em um íon nitrito, um íon amônio perde 6 elétrons e, assim, concluímos que se trata de um processo de **oxidação**:

Equação da semirreação de oxidação de NH_4^+ a NO_2^-:

$$NH_4^+ + 2H_2O \rightarrow NO_2^- + 8H^+ + 6e^-$$

Vamos agora aplicar a mesma abordagem estruturada à transformação de íon nitrito (NO_2^-) em íon nitrato (NO_3^-). Primeiramente, escrevemos, já com o elemento químico nitrogênio (N) balanceado:

$$NO_2^- \rightarrow NO_3^-$$

Balanceando o elemento químico oxigênio (O) por inclusão de água:

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^-$$

Balanceando o elemento químico hidrogênio (H) por indicação de H^+:

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+$$

Finalmente, considerando a conservação da carga elétrica, chegamos a:

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$$

Concluímos que essa transformação também é uma **oxidação**.

Equação da semirreação de oxidação de NO_2^- a NO_3^-:

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$$

Aplicando as mesmas ideias, podemos equacionar a transformação de gás oxigênio (O_2) em água. Primeiramente, temos:

$$O_2 \rightarrow H_2O$$

Note que, nesse caso, não há outro elemento químico além de oxigênio (O) e hidrogênio (H). Inserindo água, a fim de balancear o elemento químico oxigênio:

$$O_2 \rightarrow 2H_2O$$

Colocando íons H^+ para balancear o elemento químico hidrogênio (H):

$$O_2 + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$$

Considerando a conservação da carga elétrica, obtemos:

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$$

Nesse caso, a equação deduzida evidencia que a transformação de gás oxigênio em água requer o recebimento de 4 elétrons, o que configura uma **redução**.

Equação da semirreação de redução de O_2 a H_2O:

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$$

Agora que temos essas três equações de semirreação, é possível deduzir a equação global dos processos comentados na abertura deste capítulo. Mostraremos uma dedução, e você fará a outra na atividade *Dialogando com o texto* indicada a seguir. Como os elétrons perdidos pela espécie que se oxida são integralmente recebidos pela espécie que se reduz, multiplicamos as equações das semirreações por números adequados visando à igualdade do número de elétrons. Assim, para o caso das bactérias nitrificantes cujo metabolismo converte amônio em nitrito e, simultaneamente, gás oxigênio em água, temos:

$$2 \times [NH_4^+ + 2H_2O \rightarrow NO_2^- + 8H^+ + 6e^-]$$

$$3 \times [O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O]$$

Note que a multiplicação da primeira equação por 2 e da segunda por 3 faz com que, em ambas, o número de elétrons passe a ser 12. Somando-as e fazendo os necessários cancelamentos, chegamos a:

Equação da semirreação de oxidação: $2NH_4^+ + 4H_2O \rightarrow 2NO_2^- + 16H^+ + 12e^-$ (16 : 4 = 4; 12 : 6 = 2)

Equação da semirreação de redução: $3O_2 + 12H^+ + 12e^- \rightarrow 6H_2O$

Equação da reação global de oxirredução: $2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$

NH_4^+ é oxidado a NO_2^-. O_2 é reduzido a H_2O.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Em equações químicas, as representações da fase de uma espécie química são as seguintes:

(s) fase sólida;
(l) fase líquida;
(g) fase gasosa;
(aq) fase aquosa.

Assim, incluindo esse tipo de indicação nas equações de semirreação deste item, temos:

$NH_4^+(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow$
$\rightarrow NO_2^-(aq) + 8H^+(aq) + 6e^-$

$NO_2^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow$
$\rightarrow NO_3^-(aq) + 2H^+(aq) + 2e^-$

$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow H_2O(l)$

No caso da equação da reação global do final do item, temos:

$2NH_4^+(aq) + 3O_2(g) \rightarrow$
$\rightarrow 2NO_2^-(aq) + 4H^+(aq) + 2H_2O(l)$

Neste capítulo, o foco dos equacionamentos estará no estabelecimento da ocorrência de oxidação e redução, o que incluirá determinar a quantidade de elétrons perdidos e recebidos. Na maioria das equações, não indicaremos as fases, a fim de direcionar sua atenção para os aspectos em discussão.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Falta deduzir a equação da outra reação mencionada na abertura do capítulo e, após estudar o item 1, você já tem condições de fazer isso. A reação, que ocorre no metabolismo de algumas bactérias nitrificantes, converte nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-) e, simultaneamente, gás oxigênio (O_2) em água (H_2O).

Equacione essa reação e determine qual reagente perde elétrons e qual os recebe.

Troque ideias com os colegas, se considerar necessário, e registre o desenvolvimento e as conclusões no caderno.

2. Agente oxidante e agente redutor

Na discussão do item anterior, concluímos que, na reação cuja equação é

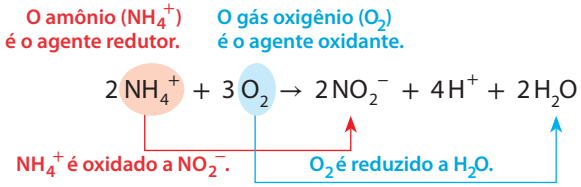
$$2\,NH_4^+ + 3\,O_2 \rightarrow 2\,NO_2^- + 4\,H^+ + 2\,H_2O,$$

o reagente NH_4^+ é oxidado e o reagente O_2 é reduzido.

Os elétrons perdidos pela espécie química que se oxida são integralmente recebidos pela espécie química que se reduz, pois elétrons se conservam durante as reações químicas. Assim, oxidação e redução sempre acontecem de modo conjunto, não sendo possível a ocorrência de uma sem a outra.

No estudo de reações de oxirredução, é frequente o uso de duas expressões para denominar as espécies envolvidas na transferência de elétrons. Denominamos **agente oxidante** (ou, simplesmente, **oxidante**) a espécie química que **recebe elétrons** e que, por isso, causa a oxidação de outra espécie, aquela que cede os elétrons. Chamamos de **agente redutor** (ou, resumidamente, **redutor**) a espécie química que **perde elétrons** e que, por esse motivo, provoca a redução da outra espécie, para a qual elétrons são transferidos.

Perceba que, de acordo com as conceituações apresentadas, **oxidante é a espécie química que é reduzida** na ocorrência de determinada reação química de oxirredução, e **redutor é a espécie química que é oxidada** nessa reação. No exemplo em questão, o oxidante é o gás oxigênio e o redutor é o amônio:



Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

A respiração celular aeróbica, por meio da qual nossas células obtêm energia de nutrientes como a glicose, é um processo metabólico que ocorre em diversas etapas.

Nesta atividade, para efeito de análise da oxirredução envolvida, vamos desmembrar a respiração celular (teoricamente) em duas semirreações. Em uma delas, glicose ($C_6H_{12}O_6$) origina dióxido de carbono (CO_2). Na outra, gás oxigênio (O_2) origina água (H_2O).

Elaborem a equação das duas semirreações e indiquem qual é a de oxidação e qual é a de redução. A seguir, deduzam uma equação para representar a reação global e indiquem nela qual é o redutor e qual é o oxidante.

Apresentem as conclusões ao professor.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Em alguns ambientes aquáticos nos quais há íons ferro(II) dissolvidos, $Fe^{2+}(aq)$, existem procariontes oxidantes de ferro, cujo metabolismo oxida esses íons a hidróxido de ferro(III) sólido, $Fe(OH)_3(s)$, com a simultânea redução de gás oxigênio dissolvido, $O_2(aq)$, a água, H_2O.

a. Represente a semirreação de oxidação e a de redução por meio de equações químicas.

b. Fundamentado na resposta anterior, determine a equação química da reação global.

c. Qual das duas espécies químicas, $Fe^{2+}(aq)$ ou $O_2(aq)$, é o oxidante nesse processo? Por quê?

2. Algumas espécies de seres vivos procariontes conhecidas como **redutoras de sulfato** obtêm energia a partir de glicose ($C_6H_{12}O_6$) e sulfato (SO_4^{2-}) por meio de um processo que pode ser desmembrado em duas semirreações assim equacionadas:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O \rightarrow 6\,CO_2 + 24\,H^+ + 24\,e^-$$

$$SO_4^{2-} + 10\,H^+ + 8\,e^- \rightarrow H_2S + 4\,H_2O$$

a. Qual dessas equações representa uma oxidação e qual representa uma redução? Por quê?

b. Elabore a equação da reação global de oxirredução, mostrando como chegou a ela.

c. Quais são o oxidante e o redutor nesse processo?

3. Íons sulfito (SO_3^{2-}) reagem, em meio aquoso, com bromo molecular (Br_2). Nessa reação química, os íons sulfito são oxidados a íons sulfato (SO_4^{2-}), e o bromo molecular é reduzido a íons brometo (Br^-). Equacione as duas semirreações e a reação global e indique quais são o oxidante e o redutor nesse processo.

4. Dois agentes oxidantes muito empregados em procedimentos de laboratório são os íons permanganato (MnO_4^-) e os íons dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$), em solução aquosa ácida. Nas semirreações que correspondem a essa utilização, originam-se, respectivamente, íons manganês(II) (Mn^{2+}) e íons crômio(III) (Cr^{3+}). Equacione as duas semirreações mencionadas e, fundamentado nelas, explique por que os íons MnO_4^- e $Cr_2O_4^{2-}$ atuam como oxidantes.

5. Precisando obter gás cloro (Cl_2) para uso em determinado experimento, uma química misturou uma solução aquosa ácida de permanganato de potássio ($KMnO_4$) com outra de cloreto de sódio (NaCl), em recipiente apropriado e seguindo as normas corretas de segurança. Na reação, os íons MnO_4^- reagiram com íons Cl^-, oxidando-os a Cl_2.

a. Equacione a semirreação de oxidação.

b. Aproveitando parte da resposta da atividade anterior, equacione a reação global da reação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Número de oxidação

O **número de oxidação**, ou **estado de oxidação**, é um número associado aos átomos de um determinado elemento químico, em uma determinada espécie química, que indica carga elétrica real no caso de íons monoatômicos (formados por um só átomo, como Na^+, Ca^{2+} ou Fe^{3+}) ou uma carga elétrica que se atribui aos átomos em função do ambiente eletrônico ao seu redor (nos demais casos, o que inclui as espécies químicas em que existe ligação covalente, como H_2, CO_2, H_2O, NH_4^+, NO_3^- e SO_4^{2-}).

Tradicionalmente, encara-se o número de oxidação (representado, em diferentes textos, por siglas como nox, N_{ox}, n_{ox} ou NOX) como o resultado da aplicação de regras que agilizam a determinação. Essas regras, contudo, são ideias com uma fundamentação lógica que permite que sejam compreendidas. Vamos, então, apresentar essa fundamentação.

Quando átomos de dois elementos químicos se unem por ligação iônica, essa ligação se deve à atração elétrica entre cátions (íons de carga elétrica positiva, como Na^+ e Ca^{2+}) e ânions (íons de carga elétrica negativa, como Cl^- e O^{2-}).

No composto iônico formado (como cloreto de sódio, NaCl, ou óxido de cálcio, CaO), os átomos dos elementos químicos estão presentes como íons, e cada um deles apresenta uma carga elétrica real. O valor dessa carga elétrica é o número de oxidação desse elemento no composto. Assim, no NaCl, constituído de íons Na^+ e Cl^-, o número de oxidação do sódio é +1 e o do cloro é −1 (Fig. 2.A).

No CaO, constituído de íons Ca^{2+} e O^{2-}, o número de oxidação do cálcio é +2 e o do oxigênio é −2 (Fig. 2.B). Outros exemplos estão nas Figuras 2.C e 2.D.

A compreensão do conceito de número de oxidação em espécies químicas nas quais há ligação covalente requer o conceito de **eletronegatividade**, apresentado no Capítulo 4.

A atração que o núcleo atômico exerce sobre os elétrons é de origem eletrostática. Assim como o núcleo de um átomo atrai os elétrons desse átomo, em uma ligação química ele também pode atrair os elétrons de outros átomos a ele ligados. Embora essa atração se dê sobre todo o ambiente eletrônico que circunda um núcleo atômico, é de particular interesse a atração exercida sobre os elétrons das ligações químicas. A grandeza adimensional denominada eletronegatividade (Fig. 3) indica a tendência que o átomo de determinado elemento químico apresenta para atrair os elétrons envolvidos em uma ligação química.

As ligações covalentes são estabelecidas por meio do compartilhamento de pares de elétrons, cada par eletrônico compartilhado entre dois átomos é considerado uma ligação covalente entre esses átomos.

Uma das representações empregadas para uma espécie química em que existam uma ou mais ligações covalentes é a fórmula eletrônica, na qual são representados os símbolos dos elementos químicos cujos átomos constituem essa espécie e também os elétrons da camada de valência (última camada da eletrosfera) desses átomos (Fig. 4).

Outra representação é a fórmula estrutural, em que cada ligação covalente é representada por um traço (Fig. 5).

Considere, por exemplo, uma molécula de cloreto de hidrogênio, HCl, na qual os dois átomos presentes estabelecem uma ligação covalente (Fig. 4.A). Consultando valores de eletronegatividade (Fig. 3), verificamos que o elemento químico cloro é mais eletronegativo que o elemento químico hidrogênio, o que significa que o cloro exerce maior atração sobre o par de elétrons compartilhado do que o hidrogênio. A ligação H — Cl é covalente, mas o compartilhamento eletrônico não é igualitário.

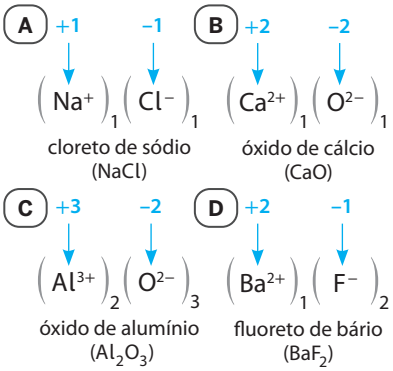
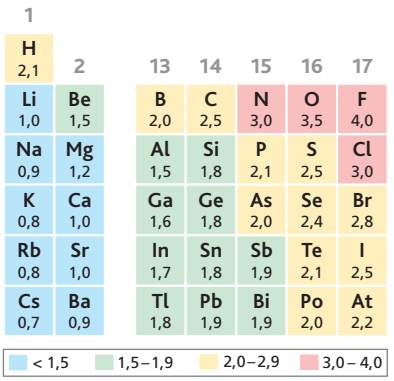


Figura 2. Exemplos de número de oxidação (indicados em azul) em compostos iônicos constituídos de dois elementos químicos.



Fonte: BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022. p. 383.

Figura 3. Eletronegatividade de alguns elementos químicos.

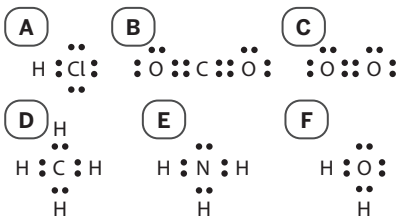


Figura 4. Fórmulas eletrônicas das substâncias (A) cloreto de hidrogênio (HCl), (B) dióxido de carbono (CO_2), (C) gás oxigênio (O_2), (D) metano (CH_4), (E) amônia (NH_3) e (F) água (H_2O).

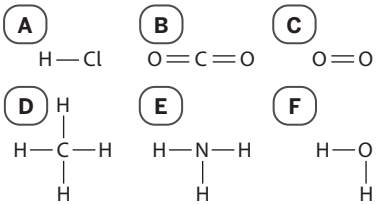


Figura 5. Fórmulas estruturais das mesmas substâncias mencionadas na legenda da figura anterior.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610 de fevereiro de 1998.

Para determinar números de oxidação em espécies com ligações covalentes, os químicos **atribuem** (mentalmente) os elétrons compartilhados ao átomo do elemento mais eletronegativo de cada ligação e, a seguir, determinam **qual seria a carga elétrica** de cada átomo. Essa carga é o número de oxidação.

Consultando uma tabela periódica, constatamos que o cloro está no grupo 17 (cujos átomos apresentam 7 elétrons na camada de valência, se eletricamente neutros) e o hidrogênio está no grupo 1 (cujos átomos apresentam 1 elétron na camada de valência, se eletricamente neutros). No caso do HCl (Fig. 6.A), a atribuição do par eletrônico ao átomo de cloro faz com que ele fique com carga elétrica −1 e o hidrogênio com carga elétrica +1. Então, no HCl, o cloro está com número de oxidação −1, e o hidrogênio, com número de oxidação +1.

A Figura 6 apresenta outros exemplos dessa atribuição dos elétrons ao átomo do elemento mais eletronegativo e os respectivos números de oxidação decorrentes dessa atribuição.

Vamos, agora, apresentar algumas ideias que os químicos usam para a determinação de números de oxidação. É importante que você tenha em mente que elas se fundamentam no que acabamos de discutir.

Lembre-se de consultar a tabela periódica e os valores de eletronegatividade quando necessário.

Substâncias simples – Em uma substância simples, aquela constituída por átomos de um mesmo elemento químico, não existe diferença de eletronegatividade entre os átomos e, assim sendo, o número de oxidação do elemento é zero. Exemplos de substâncias simples são o gás oxigênio (O_2) (Fig. 6.C), o gás hidrogênio (H_2), o zinco metálico (Zn), o ferro metálico (Fe), a prata metálica (Ag), o carbono diamante (C (diam.)) e o carbono grafite (C (graf.)).

Elemento químico hidrogênio em substâncias compostas – As substâncias compostas (ou compostos químicos) são aquelas constituídas de átomos de dois ou mais elementos químicos. Quando um átomo do elemento químico hidrogênio estabelece ligação covalente com um átomo de outro elemento químico mais eletronegativo que ele, seu número de oxidação será +1 (Figs. 6.A, 6.D, 6.E e 6.F). Diferentemente, quando o elemento químico hidrogênio se combina por ligação iônica com um metal menos eletronegativo que ele (por exemplo, sódio ou cálcio), ele constitui o ânion H^-, chamado ânion hidreto, e, nesse caso, o número de oxidação desse elemento será −1 nesse tipo de composto (Fig. 7).

Elemento químico oxigênio em substâncias compostas – O elemento químico oxigênio está no grupo 16 da tabela periódica, o que indica que seus átomos têm seis elétrons na camada de valência quando eletricamente neutros. Se esse elemento estabelecer ligação iônica e constituir o íon O^{2-} (ânion óxido), o número de oxidação desse elemento será −2 (Figs. 2.B, 2.C). Se estabelecer ligações covalentes com outro(s) elemento(s), apresentará, devido à sua alta eletronegatividade, número de oxidação −2 (Figs. 6.B, 6.F). Assim, o número de oxidação do oxigênio em substâncias compostas é geralmente −2.

O elemento químico oxigênio só não é mais eletronegativo que o elemento químico flúor. Assim, no OF_2 (Fig. 8.A) o número de oxidação do oxigênio é +2. Outra situação que destoa do valor −2 é nos peróxidos. O peróxido de hidrogênio, H_2O_2, comercializado em solução aquosa com o nome de água oxigenada, é um peróxido molecular cuja fórmula eletrônica está na Figura 8.B. Por meio dela, podemos perceber que o número de oxidação do oxigênio é −1, pois o oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio, mas uma de suas ligações é estabelecida com outro átomo de oxigênio. Nos peróxidos dos metais alcalinos (Fig. 8.C) e alcalinoterrosos (Fig. 8.D), existe o íon O_2^{2-} (ânion peróxido), no qual dois átomos de oxigênio têm carga −2 e, portanto, cada um deles tem número de oxidação −1.

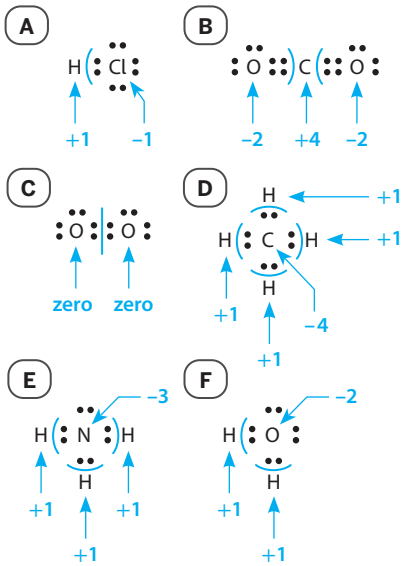


Figura 6. Determinação do número de oxidação (em azul) dos elementos químicos constituintes de algumas substâncias.

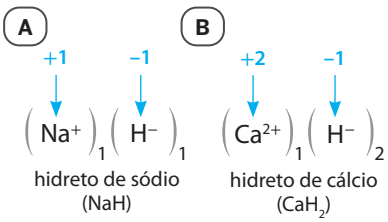


Figura 7. O número de oxidação do elemento químico hidrogênio é −1 quando ele se combina por ligação iônica com elementos menos eletronegativos que ele.

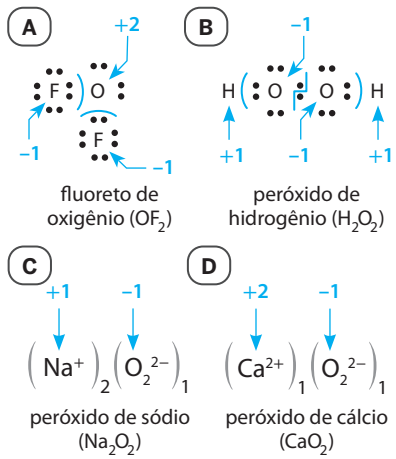


Figura 8. Exemplos de substâncias compostas em que o número de oxidação do elemento químico oxigênio não é −2, como o fluoreto de oxigênio (A), o peróxido de hidrogênio (B) e os peróxidos de metais alcalinos (C) e alcalinoterrosos (D).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Elementos que frequentemente apresentam número de oxidação constante em substâncias compostas – Os metais alcalinos (grupo 1 da tabela periódica), ao se combinarem ionicamente, formam cátions com carga 1+, apresentando assim número de oxidação +1 (Figs. 2.A, 7.A e 8.C). Os metais alcalinoterrosos (grupo 2), ao constituírem compostos iônicos, fazem-no como cátions de carga 2+ e apresentam, portanto, número de oxidação +2 (Figs. 2.B, 2.D, 7.B e 8.D). O elemento químico alumínio (grupo 13) existe em compostos iônicos como íon Al^{3+}, no qual o número de oxidação do alumínio é +3 (Fig. 2.C).

Soma algébrica dos números de oxidação em uma espécie química eletricamente neutra – Uma molécula é uma espécie química com sua carga elétrica total zero. Ao determinar os números de oxidação dos elementos químicos cujos átomos constituem uma molécula, para cada carga positiva atribuída, necessariamente será atribuída também uma carga negativa. Assim, a soma algébrica (isto é, a soma em que podem existir parcelas positivas e parcelas negativas) dos números de oxidação de todos os átomos que tomam parte de uma molécula fornece o resultado zero. Um exemplo é apresentado na Figura 9, mas você também pode verificar isso somando os números de oxidação dos átomos constituintes das demais moléculas que apresentamos como exemplos até aqui (HCl, CO_2, O_2, CH_4, NH_3, H_2O, OF_2 e H_2O_2).

Um composto iônico, embora constituído de cátions e ânions que individualmente apresentam carga elétrica, não apresenta carga elétrica em sua totalidade. Assim, outra situação em que a soma de todos os números de oxidação resulta zero é no caso de compostos iônicos. Dois exemplos são apresentados na Figura 10, mas você pode verificar isso somando todos os números de oxidação de outros compostos iônicos apresentados como exemplos (NaCl, CaO, Al_2O_3, BaF_2, NaH, CaH_2, Na_2O_2 e CaO_2).

Soma algébrica dos números de oxidação em íon poliatômico – A denominação íon poliatômico é empregada para designar um íon constituído de dois ou mais átomos ligados covalentemente, como NH_4^+, CO_3^{2-}, NO_3^- e SO_4^{2-}. A atribuição de números de oxidação (que é apenas um processo mental) não faz elétrons surgirem ou desaparecerem, pois se trata apenas de um processo de atribuir elétrons existentes na estrutura para esse ou para aquele átomo. Assim, a soma de todos os números de oxidação deve resultar a carga total da espécie.

Por exemplo, a soma dos números de oxidação dos átomos dos elementos químicos hidrogênio e nitrogênio do íon amônio, NH_4^+, deve resultar +1 (Fig. 11.A), e a soma dos números de oxidação dos átomos dos elementos químicos carbono e oxigênio do íon carbonato, CO_3^{2-}, deve resultar −2 (Fig. 11.B).

Essas duas últimas ideias são úteis para determinar o número de oxidação daqueles elementos químicos cujo número de oxidação varia bastante de um composto para outro, como é o caso de nitrogênio, cloro, enxofre, carbono e fósforo.

Digamos que você precise determinar o número de oxidação do enxofre no ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou do nitrogênio no ânion nitrito (NO_2^-). Nessas espécies químicas, o número de oxidação do hidrogênio é +1 e o do oxigênio é −2. Representando por *x* o número de oxidação do enxofre no H_2SO_4, podemos obter esse valor da seguinte forma:

$$2\cdot(+1) + x + 4\cdot(-2) = 0 \quad \Rightarrow \quad x = +6$$

Representando por *y* o número de oxidação do nitrogênio no NO_2^-, é possível determinar esse valor da seguinte maneira:

$$y + 2\cdot(-2) = -1 \quad \Rightarrow \quad y = +3$$

Em caso de dúvida ao determinar um número de oxidação, o melhor a fazer é empregar a fórmula eletrônica e proceder como explicamos anteriormente.

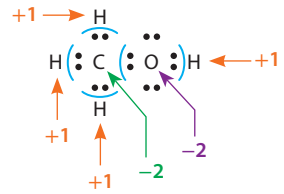


Figura 9. Exemplificação de que a soma algébrica de todos os números de oxidação em uma molécula é nula. A fórmula estrutural apresentada é da molécula de metanol (CH_3OH).

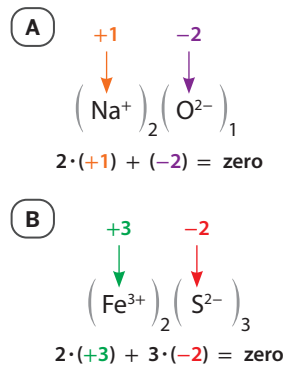


Figura 10. Exemplificação de que a soma algébrica de todos os números de oxidação em um composto iônico é nula. As duas substâncias em questão são o óxido de sódio (Na_2O) (A) e o sulfeto de ferro(III) (Fe_2S_3) (B).

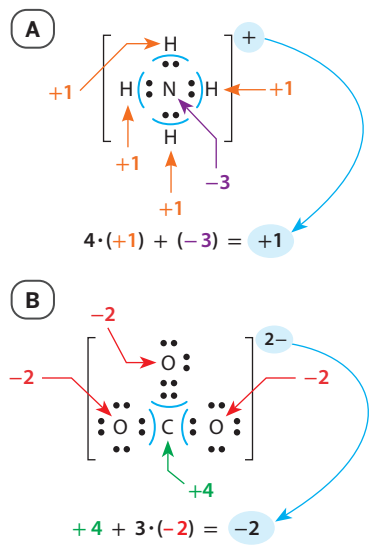


Figura 11. Exemplificação de que a soma algébrica de todos os números de oxidação em um íon poliatômico é igual à carga do íon. Os dois íons apresentados são amônio (NH_4^+) (A) e carbonato (CO_3^{2-}) (B).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Número de oxidação e oxirredução

O conceito de número de oxidação é importante em todas as áreas que envolvem oxirredução (Fig. 12). Agora que o apresentamos, podemos reinterpretar os exemplos de semirreações do item 1. Na discussão a seguir, **representaremos por Δ o módulo do número de elétrons perdidos ou recebidos**.

Consideremos a equação da semirreação de oxidação de NH_4^+ a NO_2^-. Nesse processo, o número de oxidação do elemento químico hidrogênio não se altera, valendo +1 no NH_4^+ e no H^+. O número de oxidação do elemento químico oxigênio também não se altera, sendo −2 tanto em H_2O quanto em NO_2^-. Já o número de oxidação do elemento químico nitrogênio aumenta de −3, no NH_4^+, para +3, no NO_2^-. Essa variação de 6 unidades tem um significado: o átomo do elemento nitrogênio perde 6 elétrons ($\Delta = 6$), o que é consistente com a equação da semirreação:

$$\overset{-3}{NH_4^+} + 2H_2O \rightarrow \overset{+3}{NO_2^-} + 8H^+ + 6e^-$$

$\Delta = 6$ (oxidação); $\Delta = 6$

Conclusão similar pode ser tirada analisando a equação da semirreação de oxidação de NO_2^- a NO_3^-, na qual o número de oxidação do elemento químico nitrogênio se altera de +3, no reagente, para +5, no produto. O átomo de nitrogênio, nesse caso, perde 2 elétrons na oxidação ($\Delta = 2$):

$$\overset{+3}{NO_2^-} + H_2O \rightarrow \overset{+5}{NO_3^-} + 2H^+ + 2e^-$$

$\Delta = 2$ (oxidação); $\Delta = 2$

Analisemos agora a equação da semirreação de redução de O_2 a H_2O. O número de oxidação do elemento químico hidrogênio (+1) se mantém, mas o do oxigênio diminui de zero para −2. O módulo dessa variação, que é 2, indica que cada átomo do elemento químico oxigênio recebeu 2 elétrons. Contudo, como existem dois átomos na molécula de O_2, concluímos que os dois juntos recebem 4 elétrons ($\Delta = 2 \cdot 2 = 4$), o que está de acordo com a equação da semirreação:

$$\overset{0}{O_2} + 4H^+ + 4e^- \rightarrow \overset{-2}{2H_2O}$$

$\Delta = 2 \cdot 2 = 4$ (redução)

O conceito de número de oxidação torna mais simples perceber se determinada reação química envolve, ou não, transferência de elétrons.

Se, em uma reação química, houver **aumento do número de oxidação de certo elemento químico**, isso indica **perda de elétrons** pelos seus átomos, ou seja, **oxidação desse elemento**. Por outro lado, uma **diminuição do número de oxidação de certo elemento químico** indica que ocorreu **recebimento de elétrons** pelos seus átomos, isto é, **redução desse elemento**.

Então, uma reação química é de **oxirredução** se houver modificação do número de oxidação de um ou mais elementos químicos quando os reagentes se transformam em produtos. Além disso, das espécies químicas que reagem, aquela que **contém o elemento químico que se oxida** é o **redutor**, enquanto a que **contém o elemento que se reduz** é o **oxidante**. Como exemplo, veja o caso da oxidação de amônio pelo gás oxigênio:

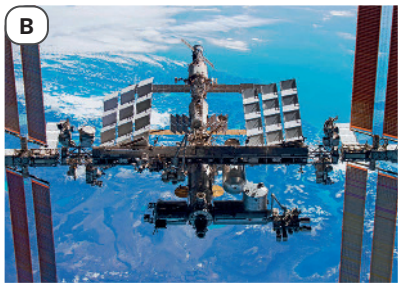
Redutor: amônio (NH_4^+), pois contém o elemento que se oxida (N).

Oxidante: gás oxigênio (O_2), pois contém o elemento que se reduz (O).

$$\overset{-3}{2NH_4^+} + 3\overset{0}{O_2} \rightarrow \overset{+3}{2NO_2^-} + 4H^+ + \overset{-2}{2H_2O}$$

oxidação do elemento químico nitrogênio (N); redução do elemento químico oxigênio (O)

NASA



GEOPIX/ALAMY/FOTOARENA

Figura 12. (A) A cientista e inventora porto-riquenha Olga Gonzalez-Sanabria (em foto de 2011), responsável pelo desenvolvimento das baterias de níquel-hidrogênio de longa duração utilizadas na Estação Espacial Internacional (ISS). (B) Foto da ISS, tirada em novembro de 2021.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

A água oxigenada usada na desinfecção de pequenos esfolados da pele é uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). A equação da decomposição que ocorre quando a solução é aplicada no ferimento é:

$$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

Essa reação é considerada uma **auto-oxirredução** porque **um mesmo elemento químico** – no caso, o oxigênio (O) – **se oxida e se reduz**. Para compreender, elabore duas semirreações: a de oxidação de H_2O_2 a O_2 e a de redução de H_2O_2 a H_2O e some as duas para chegar à equação mencionada.

Uma auto-oxirredução também pode ser denominada reação de **desproporcionamento**.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

6. Em qual das espécies químicas – CH_4, CO_2, CH_2O, CH_3OH ou HCO_2H – o elemento químico carbono está mais oxidado, isto é, com maior número de oxidação? Explique, apresentando os cálculos.

7. Substâncias contendo o elemento químico enxofre (S) estão presentes nos organismos vivos e participam de diversos processos metabólicos. Algumas espécies de procariontes utilizam a luz solar como fonte de energia para a síntese de glicose ($C_6H_{12}O_6$), mas, diferentemente do que ocorre na fotossíntese realizada por plantas e cianobactérias, empregam o sulfeto de hidrogênio (H_2S) em vez de gás oxigênio, conforme a equação química:

$$6\,CO_2(g) + 12\,H_2S(aq) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6\,H_2O(l) + 12\,S(s)$$

Determine qual é o elemento químico que se reduz e qual é o que se oxida nessa reação, justificando por meio do conceito de número de oxidação.

8. (Enem) A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados na agricultura pode acarretar alterações no solo e na água pelo acúmulo de compostos nitrogenados, principalmente a forma mais oxidada, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas e alterando o ciclo do nitrogênio, representado no esquema.

8. e

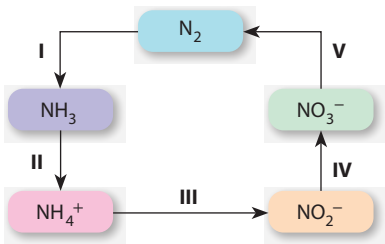


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

A espécie nitrogenada mais oxidada tem sua quantidade controlada por ação de microrganismos que promovem a reação de redução dessa espécie, no processo denominado desnitrificação. O processo citado está representado na etapa

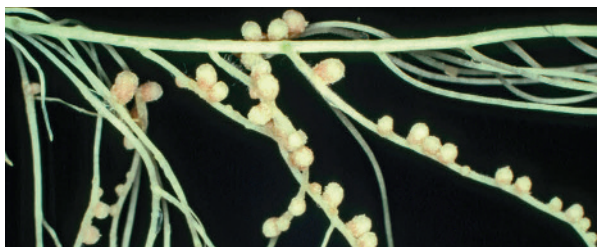
a. I. **b.** II. **c.** III. **d.** IV. **e.** V.

9. A pólvora foi inventada por volta do século I, na China, sendo o explosivo mais antigo conhecido pela humanidade. Ela tem muitas aplicações pacíficas, entre as quais a remoção de estruturas rochosas para abrir estradas e túneis. A pólvora consiste de uma mistura de nitrato de potássio (KNO_3), enxofre (S) e carvão (C). Diversas transformações químicas ocorrem na explosão, produzindo principalmente sulfato de potássio (K_2SO_4), dióxido de carbono (CO_2) e gás nitrogênio (N_2). Considerando apenas as substâncias mencionadas, quais dos elementos químicos presentes (potássio, nitrogênio, oxigênio, enxofre e carbono) se oxidam ou se reduzem quando a pólvora explode? Justifique, apresentando o estado de oxidação (número de oxidação) de cada elemento, nos reagentes e nos produtos.

10. Analise a equação a seguir, da reação entre carbonato de cálcio e ácido clorídrico, e explique por que essa reação **não** é de oxirredução.

$$CaCO_3(s) + 2\,HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

11. As bactérias do gênero *Rhizobium* podem estabelecer uma relação associativa com raízes de plantas fabáceas (também chamadas de leguminosas, como feijão, soja, amendoim e ervilha), por meio da qual a planta e as bactérias obtêm benefícios. O metabolismo desses microrganismos transforma gás nitrogênio do ar em íons amônio, processo denominado **fixação de nitrogênio**, que favorece a fertilidade do solo. Nessa associação, as bactérias utilizam parte da glicose produzida pela planta.



DR. JEREMY BURGESS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Nódulos da bactéria *Rhizobium leguminosarum* associados à raiz de uma planta de ervilha, *Pisum sativum*. (Diâmetro médio dos nódulos da foto: 1,5 mm.)

A fixação de nitrogênio pode ser representada por meio de duas equações de semirreação: uma em que glicose ($C_6H_{12}O_6$) se transforma em dióxido de carbono (CO_2) e outra na qual gás nitrogênio (N_2) é convertido em íons amônio (NH_4^+).

a. Equacione as semirreações e a reação global desse processo.

b. Qual dos elementos químicos presentes nas espécies químicas mencionadas é oxidado e qual é reduzido? Justifique apresentando os números de oxidação, antes e depois de a reação ocorrer.

c. Qual dos reagentes é o oxidante e qual é o redutor? Explique como concluiu.

12. Os átomos eletricamente neutros de um elemento químico do grupo 14 da tabela periódica apresentam 4 elétrons na camada de valência, isto é, na última camada da eletrosfera, aquela envolvida no estabelecimento de ligações químicas. Como consequência, o número de oxidação do carbono, elemento químico pertencente a esse grupo, pode ter valores de -4 até $+4$.

a. Inspirado na sua resposta à atividade **6**, explique em que situação o número de oxidação do carbono é mínimo e em que situação é máximo. Exemplifique cada caso.

b. Os números de oxidação mínimo e máximo do elemento químico nitrogênio (grupo 15 da tabela periódica) são -3 e $+5$ e os do elemento químico enxofre (grupo 16) são -2 e $+6$. Dê um exemplo de espécie química que corresponde a cada um desses valores.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade prática

Tinta invisível

Objetivo

Escrever em um papel branco com suco de limão e, a seguir, tornar a escrita visível usando um reagente apropriado. Propor uma explicação para as observações, considerando a reação de oxirredução envolvida.

Material (para cada grupo)

- suco de um limão (pequeno) espremido na hora

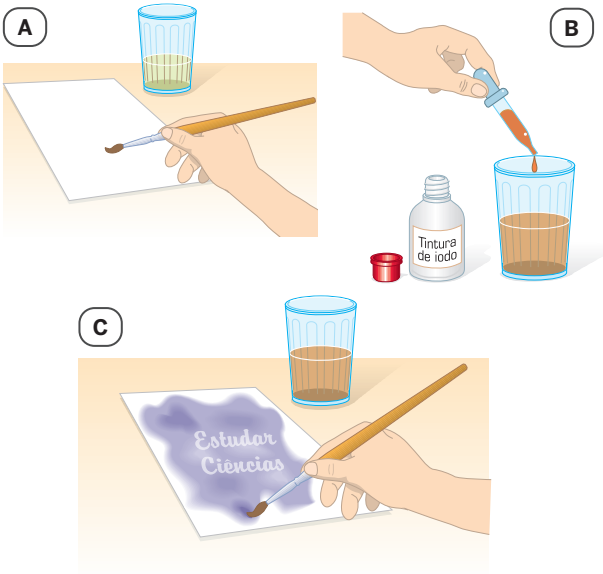
Respingos de suco de limão na pele provocam manchas quando ocorre exposição ao sol. Por isso, esse experimento deve ser realizado na sombra. Após a realização, as mãos devem ser bem lavadas com água e sabão antes de se expor ao sol!

- folha de papel branco
- água
- conta-gotas
- colher
- pincel fino
- pincel grosso
- dois copos de vidro (de aproximadamente 200 mL; por exemplo, os comercializados com requeijão)
- tintura de iodo (adquirida em farmácia)

A tintura de iodo mancha a pele e as roupas! Então, tomem cuidado para não deixar que a tintura de iodo encoste na pele, nas roupas ou em outros materiais

Procedimento

1. Usem o pincel fino para escrever com o suco de limão na folha de papel (Fig. 13.A).
2. Esperem até que o papel seque à sombra. Não levem o papel ao sol nem se exponham à luz solar antes de lavar bem as mãos com água e sabão para remover qualquer respingo de suco de limão. **Tomar sol com suco de limão na pele produz queimaduras e manchas escuras que levam muito tempo para sair**.
3. Adicionem 60 gotas de tintura de iodo a 100 mL de água (aproximadamente meio copo dos de requeijão) (Fig. 13.B) e mexam com uma colher.
4. Mergulhem o pincel grosso nesse líquido e espalhem-no por toda a superfície da folha de papel. Observem os dizeres se tornarem visíveis (Fig. 13.C).
5. Registrem as observações.
6. O papel pode ser descartado no lixo comum. O resto de suco de limão e a solução obtida pela adição de tintura de iodo à água devem ser descartados na pia.



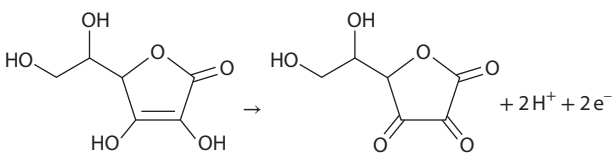
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 13. Ilustração de etapas do procedimento.

Conclusões

A tintura de iodo consiste de iodo molecular dissolvido em etanol (este último, no experimento, tem apenas a função de solvente). Em contato com alguns constituintes do papel (genericamente denominados carboidratos), o iodo produz uma coloração escura, que pode variar entre violeta e azul. O iodo molecular (I_2) pode ser transformado em íons iodeto (I^-) por reação com um agente apropriado. Seria necessário um **agente oxidante** ou um **agente redutor** para provocar essa transformação? Qual é a semirreação que representa a transformação de iodo molecular em iodeto?

O suco de limão contém ácido ascórbico, ou vitamina C, é reagente da semirreação assim equacionada:



ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) — ácido deidroascórbico ($C_6H_6O_6$)

Fundamentados nas observações realizadas no experimento e nas informações fornecidas, proponham uma **explicação** para o que foi observado. Troquem ideias sobre sua explicação com os outros grupos e discutam-na com o professor.

A seguir, elaborem um relatório sobre essa atividade prática, incluindo as observações realizadas e as conclusões tiradas, **argumentando** com base em princípios da Química. (Informações sobre como elaborar um relatório são apresentadas no Capítulo 1, na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

O gás oxigênio (O_2) é uma espécie química cuja presença em meio aquoso é muito importante. Em um ambiente aquático, o gás oxigênio dissolvido é consumido rapidamente pela oxidação da matéria orgânica, [que está representada na equação a seguir por] $\{CH_2O\}$:

$$\{CH_2O\} + O_2 \xrightarrow{\text{microrganismos}} CO_2 + H_2O$$

A menos que a água seja novamente aerada de forma eficiente, como em um fluxo turbulento em leito raso, ela rapidamente perderá gás oxigênio dissolvido e não suportará formas superiores de vida aquática.

Em adição à oxidação de matéria orgânica mediada por microrganismos, o gás oxigênio da água pode ser consumido pela bio-oxidação de material nitrogenado [por exemplo]:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow 2H^+ + NO_3^- + H_2O$$

e pela oxidação química ou bioquímica de agentes redutores químicos:

$$4Fe^{2+} + O_2 + 10H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3(s) + 8H^+$$

$$2SO_3^{2-} + O_2 \rightarrow 2SO_4^{2-}$$

Todos esses processos contribuem para a desoxigenação da água.

O grau de consumo de gás oxigênio por oxidação microbiologicamente mediada de contaminantes na água é chamada **demanda bioquímica de oxigênio** (ou demanda biológica de oxigênio), **DBO**.

Fonte: MANAHAN, S. **Environmental Chemistry**. 11. ed. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 139. (Tradução dos autores.)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é uma medida do material bioquimicamente oxidável presente na água expressa em termos do gás oxigênio requerido para consumi-lo. Mais precisamente, a DBO é definida como a massa em miligramas de gás oxigênio que reage com o material presente em uma amostra de 1 L mantida em incubação no escuro por cinco dias a 20 °C.

Fonte: HOCKING, M. B. **Handbook of Chemical Technology and Pollution Control**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2005. p. 127. (Tradução dos autores.)

A solubilidade do O_2 em água é de apenas 9 mg/L (nove miligramas por litro) a 20 °C e menos ainda sob temperaturas mais elevadas. O suprimento de oxigênio pode ser renovado pelo contato com o ar, como em correntezas rápidas. Mas, em água parada ou em solos encharcados, a difusão do oxigênio com origem na atmosfera é lenta em relação à velocidade do metabolismo microbial, e o oxigênio se esgota.

Fonte: SPIRO, T. H.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2009. p. 216.

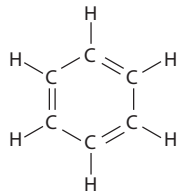
Divididos em equipes, leiam e interpretem a coletânea de textos e, a seguir, realizem as atividades.

1. Os valores de DBO das águas de três rios, *A*, *B* e *C*, são, respectivamente, 1 mg/L, 3 mg/L e 20 mg/L. Expliquem o que isso revela sobre a qualidade das águas de *A*, *B* e *C*. Considerando o valor de solubilidade do gás oxigênio em água, apresentado em um dos textos, que conclusão pode ser tirada sobre a possibilidade de peixes viverem em cada um desses rios? Justifiquem.

2. Jogar restos de comida na pia da cozinha e papel higiênico no vaso sanitário são atitudes incorretas. Além de poderem provocar o entupimento da tubulação, esses materiais causam impacto ambiental. Elaborem um vídeo que explique à população a razão de esses materiais serem prejudiciais ao meio aquático e que **proponha** as atitudes corretas que devem ser tomadas, **argumentando** em favor delas. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

3. Na transformação de íons sulfito $\left(SO_3^{2-}\right)$ em íons sulfato $\left(SO_4^{2-}\right)$, equacionada no primeiro texto da coletânea, uma das semirreações corresponde à redução de gás oxigênio (O_2) a água (H_2O) e a outra consiste na oxidação de SO_3^{2-} a SO_4^{2-}. Equacionem essas semirreações e usem-nas para explicar por que a água não aparece como produto na equação da reação global.

4. O benzeno é uma substância extremamente tóxica presente no petróleo e na gasolina. Existem bactérias cujo metabolismo pode oxidar benzeno, na presença de gás oxigênio, formando dióxido de carbono e água. A equação global desse processo é mostrada a seguir. Primeiramente, elaborem a semirreação de oxidação de benzeno a dióxido de carbono. A seguir, determinem o número de oxidação do elemento químico carbono nessas duas substâncias e expliquem se os valores são compatíveis com o número de elétrons que aparece na semirreação elaborada.



benzeno

$$+ \frac{15}{2} O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$$

gás oxigênio — dióxido de carbono — água

5. Em 2019, o portal *Scientific Reports*, da revista científica *Nature*, publicou um estudo evidenciando que as bactérias da espécie *Paraburkholderia aromaticivorans* têm metabolismo capaz de realizar a reação química da atividade anterior em solos contaminados com benzeno. Qual poderia ser a utilidade dessas bactérias no caso de um derramamento acidental de petróleo ou gasolina em um terreno? Que cuidados, na opinião da equipe, precisariam ser tomados antes de utilizá-la com essa finalidade?

Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-018-36165-x. Acesso em: 19 [illegible] 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Força de oxidantes e redutores

No capítulo anterior, comentamos que, em uma pilha nas condições-padrão, a semicela de maior potencial-padrão ($E^\ominus$) tenderá a atrair elétrons da parte metálica do circuito e a atuar como cátodo, pois nela ocorrerá redução. Ao contrário, a semicela de menor $E^\ominus$ tenderá a perder elétrons para a parte metálica do circuito e a atuar como ânodo porque nela acontecerá oxidação. Então, a **transferência de elétrons ocorre espontaneamente da semicela de menor $E^\ominus$** (em que ocorrerá oxidação) **para a de maior $E^\ominus$** (em que ocorrerá redução).

Um oxidante e um redutor podem reagir diretamente, sem que estejam em uma pilha. Nesse caso, também podemos usar os valores de $E^\ominus$ para prever se, nas condições a que esses dados se referem, existe tendência de a reação ocorrer. Para exemplificar, considere os seguintes dados, referentes às condições-padrão e a 25 °C, extraídos da Tabela 1 do Capítulo 17:

$$Ag^+(aq) + e^- \rightleftarrows Ag(s) \qquad E^\ominus = +0{,}80\ V$$
$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Cu(s) \qquad E^\ominus = +0{,}34\ V$$

Analisando-os, podemos concluir que íons prata reagem com cobre metálico (Fig. 14), porque o $E^\ominus$ do par Ag^+/Ag^0 é maior que o $E^\ominus$ do par Cu^{2+}/Cu^0:

$$2\,Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2\,Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$$ oxirredução espontânea

Ocorre transferência espontânea de elétrons do cobre metálico para os íons prata: o elemento químico prata se **reduz**, o que é consistente com o **maior** $E^\ominus$, e o elemento químico cobre se oxida, o que está de acordo com o **menor** $E^\ominus$.

A reação inversa não é espontânea nas condições-padrão a 25 °C:

$$2\,Ag(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2\,Ag^+(aq) + Cu(s)$$ oxirredução não espontânea

Nesse caso, a transferência de elétrons não ocorre espontaneamente porque o elemento químico prata (maior $E^\ominus$) estaria se oxidando e o elemento químico cobre (menor $E^\ominus$), se reduzindo, o que é incompatível com os valores de $E^\ominus$.

Isso que acabamos de discutir reforça o que vimos no capítulo anterior: o valor de $E^\ominus$ está associado à tendência de ocorrência de redução e, por isso, costuma também ser denominado potencial-padrão de redução.

A análise de valores de $E^\ominus$ também possibilita a comparação da **força de oxidantes e de redutores**, ou seja, da tendência que diferentes espécies químicas apresentam para se reduzir ou para se oxidar.

Consideremos as semirreações equacionadas a seguir. Todas são de redução no sentido direto e de oxidação no sentido inverso. As espécies representadas no lado esquerdo das equações (Ag^+, Cu^{2+}, Zn^{2+} e Mg^{2+}) podem atuar como oxidantes, pois se reduzem na reação direta. Já as espécies representadas no lado direito da equações (Ag^0, Cu^0, Zn^0 e Mg^0) podem atuar como redutores, pois se oxidam na reação inversa. Quanto maior for o valor de $E^\ominus$, maior a tendência de a reação direta (redução) acontecer e, portanto, maior será a força do oxidante (maior sua tendência a se reduzir). Além disso, quanto menor for o valor de $E^\ominus$, maior será a tendência de a reação inversa (oxidação) ocorrer e, consequentemente, maior será a força do redutor (maior sua tendência a se oxidar).

maior tendência à redução →

oxidante mais forte

$Ag^+(aq) + e^- \rightleftarrows Ag(s)$ $\quad E^\ominus = +0{,}80\ V$

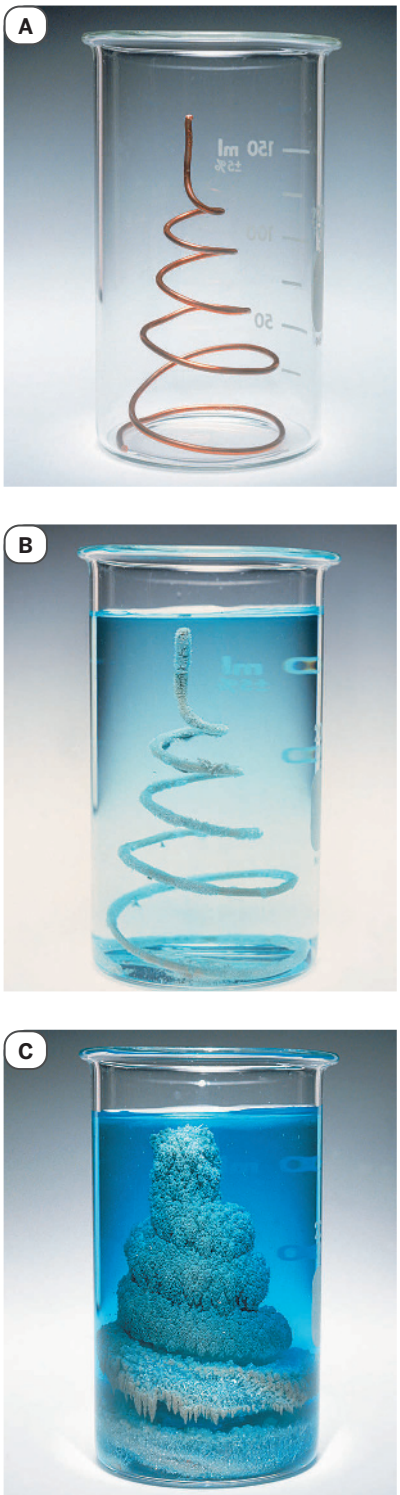
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Cu(s)$ $\quad E^\ominus = +0{,}34\ V$

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Zn(s)$ $\quad E^\ominus = -0{,}76\ V$

$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Mg(s)$ $\quad E^\ominus = -2{,}38\ V$

redutor mais forte

← maior tendência à oxidação



FOTOS: CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 14. (A) Béquer com um fio de cobre metálico. Quando uma solução aquosa incolor de nitrato de prata é acrescentada a esse recipiente (B), ocorre a reação química de oxirredução comentada no texto (C).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Corrosão de metais

A **corrosão** de um metal é a oxidação, geralmente indesejada, de um elemento químico metálico existente em uma amostra sólida. A corrosão do ferro (presente, por exemplo, no aço, uma liga de ferro e carbono que pode conter também outros elementos químicos) representa um problema comum. Ela diminui a vida útil de pontes e automóveis, e a substituição do metal corroído acarreta, todos os anos, considerável gasto econômico em todo o mundo.

As equações a seguir representam o que acontece na corrosão do ferro submetido à presença de água que contenha gás oxigênio dissolvido ou ao ar úmido. Note que o ferro é inicialmente oxidado de zero a +2 e, a seguir, de +2 a +3.

$$2\,Fe\,(s) + O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow 2\,Fe(OH)_2\,(s)$$

$$4\,Fe(OH)_2\,(s) + O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow 4\,Fe(OH)_3\,(s)$$

O processo de corrosão do ferro é também denominado **enferrujamento**. A **ferrugem** é uma mistura de $Fe(OH)_2$ e $Fe(OH)_3$, sendo este último componente responsável pela coloração marrom-alaranjada característica (Fig. 15). Ao ser formada na superfície de uma peça, a ferrugem solta-se em flocos, deixando o metal novamente exposto e sujeito à oxidação. Na presença da água isenta de ar (ausência de gás oxigênio) ou na presença de ar seco (ausência de água), o ferro não enferruja (ausência de corrosão).

KARL ALLEN LUGMAYER/SHUTTERSTOCK

Figura 15. Restos de um navio abandonado, em 1980, próximo da Grécia. Ao longo de décadas, o ferro do navio reagiu com água e gás oxigênio, produzindo ferrugem, cuja coloração se deve a $Fe(OH)_3\,(s)$. (Praia de Selinitsa, banhada pelo Mar Mediterrâneo, Grécia, 2019.)

A corrosão é um processo eletroquímico, e os valores de potencial-padrão nos dão uma indicação de como pode ser prevenida. Um procedimento possível para proteger o ferro da corrosão em ambientes nos quais esteja exposto à água e ao gás oxigênio é a **galvanização**. Galvanizar o ferro (ou o aço) consiste em revesti-lo com uma camada de zinco metálico. Esse metal é escolhido por apresentar maior tendência que o ferro a se oxidar, uma vez que o Zn^{2+} tem menor potencial de redução que o Fe^{2+}:

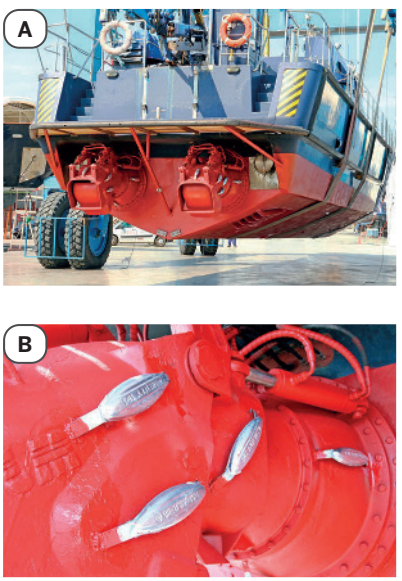
$$Fe^{2+}\,(aq) + 2\,e^- \rightleftarrows Fe\,(s) \qquad E^\ominus = -0{,}45\ V$$

$$Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^- \rightleftarrows Zn\,(s) \qquad E^\ominus = -0{,}76\ V$$

O zinco reveste a superfície do ferro como se fosse uma camada de tinta e impede o contato dele com o ar úmido ou com a água que contenha gás oxigênio dissolvido. O zinco também atua, com relação ao ferro, como se fosse o ânodo de uma pilha, pois apresenta maior tendência a se oxidar que o ferro. Assim, o zinco se oxida preferencialmente, ainda que o ferro esteja exposto. Em outras palavras, se a película protetora de zinco for danificada e o ferro estiver exposto a agentes oxidantes, o zinco atuará como **metal de sacrifício**, ou seja, um metal propositalmente colocado em contato com o ferro para que seja oxidado em lugar dele, preservando-o. Nesse caso, a oxidação do zinco é desejável, pois visa à preservação do ferro.

O arame farpado, os alambrados e as calhas metálicas de chuva são geralmente feitos de ferro galvanizado. Esses produtos, quando novos, têm aspecto cinza metálico que se deve à camada externa de zinco. Depois que essa camada é prolongadamente exposta ao oxigênio e à umidade, ela é totalmente oxidada e removida, deixando o ferro sujeito à corrosão.

Cascos de embarcações feitos de aço são protegidos da corrosão mediante a soldagem de peças de zinco (Fig. 16), que se oxida mais facilmente que o ferro do casco. A técnica é denominada **proteção catódica**, pois o ferro é protegido justamente por se tornar o cátodo da cela galvânica formada por zinco e ferro. Nessas circunstâncias, o zinco é denominado **ânodo de sacrifício**, já que, atuando como o ânodo da cela galvânica, oxida-se, preservando assim o ferro. A proteção é eficiente desde que o metal do ânodo de sacrifício seja reposto periodicamente. Essa estratégia é utilizada sempre que a pintura não pode ser feita ou não oferece eficiência completa.



PHOTOMARINE/SHUTTERSTOCK

PHOTOMARINE/SHUTTERSTOCK

Figura 16. (A) Embarcação suspensa para reparos. (B) Foto da região próxima a um dos propulsores, em que são visíveis ânodos de sacrifício (de cor cinza metálica) soldados à estrutura de aço (pintada de vermelho). (Porto de Alicante, Espanha, 2017.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

13. Considerando os dados a seguir, referentes às condições-padrão e a 25 °C, explique por que, nessas condições, uma solução aquosa de nitrato de cobre(II), na qual existem íons $Cu^{2+}(aq)$, não poderia ser guardada em um recipiente constituído de ferro metálico, Fe(s).

$$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Fe(s) \quad E^\ominus = -0{,}45\ V$$
$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Cu(s) \quad E^\ominus = +0{,}34\ V$$

14. Os halogênios são muito empregados em processos laboratoriais de oxirredução. Considere os seguintes valores de potencial-padrão, a 25 °C:

$$I_2(s) + 2e^- \rightleftarrows 2I^-(aq) \quad E^\ominus = +0{,}54\ V$$
$$Br_2(l) + 2e^- \rightleftarrows 2Br^-(aq) \quad E^\ominus = +1{,}09\ V$$
$$Cl_2(g) + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^-(aq) \quad E^\ominus = +1{,}36\ V$$
$$F_2(g) + 2e^- \rightleftarrows 2F^-(aq) \quad E^\ominus = +2{,}87\ V$$

Com base nos dados apresentados, considerando condições padrão e 25 °C, compare:

a. as substâncias F_2, Cl_2, Br_2 e I_2 quanto à sua força oxidante;

b. os íons F^-, Cl^-, Br^- e I^- quanto à força redutora.

15. Considere os potenciais-padrão de semicela relacionados a seguir, que se referem a 25 °C:

$$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Mg(s) \quad E^\ominus = -2{,}38\ V$$
$$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Zn(s) \quad E^\ominus = -0{,}76\ V$$
$$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Fe(s) \quad E^\ominus = -0{,}45\ V$$
$$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Pb(s) \quad E^\ominus = -0{,}13\ V$$
$$2H^+(aq) + 2e^- \rightleftarrows H_2(g) \quad E^\ominus = 0{,}00\ V$$
$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftarrows Cu(s) \quad E^\ominus = +0{,}34\ V$$
$$Ag^+(aq) + e^- \rightleftarrows Ag(s) \quad E^\ominus = +0{,}80\ V$$
$$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightleftarrows Au(s) \quad E^\ominus = +1{,}50\ V$$

Considerando condições-padrão e 25 °C, responda às perguntas a seguir.

a. Qual dos cátions metálicos que aparecem nas semirreações apresentadas é o melhor agente oxidante? Por quê?

b. Ordene os metais Mg(s), Zn(s), Fe(s), Pb(s), Cu(s), Ag(s) e Au(s) segundo a tendência crescente a se oxidarem.

c. De todos os metais mencionados no item anterior, qual deles é o melhor redutor?

d. É fato conhecido da Química que soluções aquosas de ácido clorídrico, HCl(aq), corroem alguns metais, embora não todos. Dos metais envolvidos nas semirreações apresentadas, quais são atacados (corroídos, oxidados a íons aquosos) por íons $H^+(aq)$ de uma solução de ácido clorídrico?

e. Quais são metais mais nobres que o hidrogênio, ou seja, resistem ao ataque mencionado no item anterior?

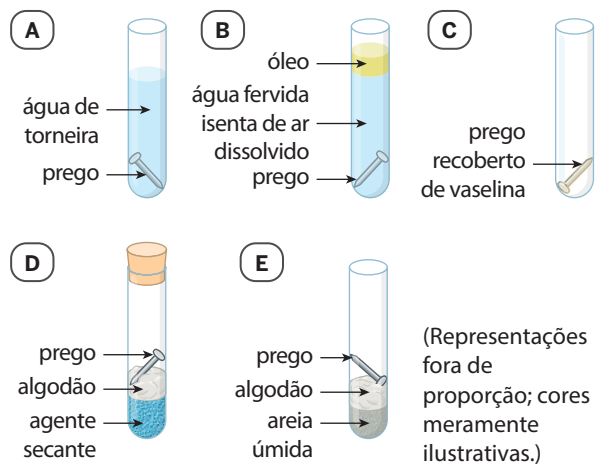
16. Um teste realizado por joalheiros para avaliar o teor de cobre presente em liga com o ouro é submeter a liga metálica de ouro e cobre a uma solução aquosa de ácido nítrico (HNO_3) e aquecer. Esse ácido oxida o cobre metálico a íons cobre(II) aquosos, $Cu^{2+}(aq)$, mas não o ouro, que permanece inalterado, pode ser separado e ter sua massa determinada. Assim, é possível comparar o valor obtido com a massa original da liga e determinar a porcentagem em massa de ouro na mistura.

a. Considerando os dados apresentados na atividade anterior e também o potencial indicado a seguir, referente às condições-padrão e a 25 °C, explique por que, nessas condições, o ácido nítrico corrói o cobre metálico, mas não o ouro.

$$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightleftarrows NO(g) + 2H_2O(l) \quad E^\ominus = +0{,}96\ V$$

b. Suponha que um joalheiro tenha submetido uma amostra de 0,600 g de uma liga de ouro e cobre ao ataque por ácido nítrico a quente, obtendo 0,450 g de ouro ao final. Explique como ele pode determinar a porcentagem em massa de ouro na liga e realize os cálculos.

17. Um grupo de estudantes realizou, sob orientação da professora de Ciências, um experimento em que cinco pregos de ferro foram bem lixados até remover completamente a cobertura de zinco e, a seguir, colocados em um tubo de ensaio, conforme as montagens esquematizadas a seguir.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Após uma semana, observaram que, em apenas dois tubos, o prego estava recoberto por ferrugem.

a. Explique em quais tubos o prego enferrujou e argumente para sustentar sua resposta.

b. Considerando que na semirreação de oxidação do processo de enferrujamento o ferro (Fe) do prego é oxidado a $Fe(OH)_3$, deduza a equação dessa semirreação.

c. O número de elétrons cedidos na semirreação equacionada no item **b** é compatível com a variação do número de oxidação do ferro? Explique.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (UFRGS-RS) Em fogo provocado por sódio metálico, não devem ser utilizados extintores de incêndio à base de gás carbônico, pois esse gás pode reagir com o metal aquecido, conforme a equação química: $4\,Na + 3\,CO_2 \rightarrow 2\,Na_2CO_3 + C$. Determine a afirmação correta sobre essa reação e as substâncias nela envolvidas.
1. e

a. Essa é uma reação de auto-oxirredução.
b. Na reação, os átomos de sódio sofrem oxidação, enquanto a totalidade dos átomos de oxigênio sofre redução.
c. No sódio metálico, os átomos de sódio apresentam estado de oxidação +1.
d. Na reação, a totalidade dos átomos de carbono sofre redução.
e. Os átomos de carbono presentes no CO_2 apresentam o mesmo estado de oxidação que os átomos de carbono presentes no Na_2CO_3.

2. (Fuvest-SP) Na produção de combustível nuclear, o trióxido de urânio é transformado no hexafluoreto de urânio, como representado pelas equações químicas:
2. e

I. $UO_3(s) + H_2(g) \rightarrow UO_2(s) + H_2O(g)$
II. $UO_2(s) + 4\,HF(g) \rightarrow UF_4(s) + 2\,H_2O(g)$
III. $UF_4(s) + F_2(g) \rightarrow UF_6(g)$

Sobre tais transformações, pode-se afirmar, corretamente, que ocorre oxirredução apenas em

a. I. **b.** II. **c.** III. **d.** I e II. **e.** I e III.

3. (Uerj) Substâncias que contêm um metal de transição podem ser oxidantes. Quanto maior o número de oxidação desse metal, maior o caráter oxidante da substância. Em um processo industrial no qual é necessário o uso de um agente oxidante, estão disponíveis apenas quatro substâncias: FeO, Cu_2O, Cr_2O_3 e $KMnO_4$. A substância que deve ser utilizada nesse processo, por apresentar maior caráter oxidante, é:
3. d

a. FeO **b.** Cu_2O **c.** Cr_2O_3 **d.** $KMnO_4$

4. (Enem) Algumas moedas utilizam cobre metálico em sua composição. Esse metal, ao ser exposto ao ar úmido, na presença de CO_2, sofre oxidação formando o zinabre, um carbonato básico de fórmula $Cu_2(OH)_2CO_3$, que é tóxico ao homem e, portanto, caracteriza-se como um poluente do meio ambiente. Com o objetivo de reduzir a contaminação com o zinabre, diminuir o custo de fabricação e aumentar a durabilidade das moedas, é comum utilizar ligas resultantes da associação do cobre com outro elemento metálico. A propriedade que o metal associado ao cobre deve apresentar para impedir a formação de zinabre nas moedas é, em relação ao cobre,
4. c

a. maior caráter ácido.
b. maior número de oxidação.
c. menor potencial de redução.
d. menor capacidade de reação.
e. menor número de elétrons na camada de valência.

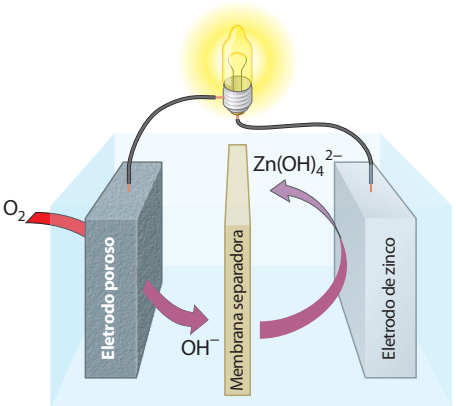
5. (Enem) Para realizar o desentupimento de tubulações de esgotos residenciais, é utilizada uma mistura sólida comercial que contém hidróxido de sódio (NaOH) e outra espécie química pulverizada. Quando é adicionada água a essa mistura, ocorre uma reação que libera gás hidrogênio e energia na forma de calor, aumentando a eficiência do processo de desentupimento. Considere os potenciais-padrão de redução ($E^{\ominus}$) da água e de outras espécies em meio básico, expressos no quadro.
5. a

Semirreação de redução	$E^{\ominus}$(V)
$2\,H_2O + 2\,e^- \rightarrow H_2 + 2\,OH^-$	−0,83
$Co(OH)_2 + 2\,e^- \rightarrow Co + 2\,OH^-$	−0,73
$Cu(OH)_2 + 2\,e^- \rightarrow Cu + 2\,OH^-$	−0,22
$PbO + H_2O + 2\,e^- \rightarrow Pb + 2\,OH^-$	−0,58
$Al(OH)_4^- + 3\,e^- \rightarrow Al + 4\,OH^-$	−2,33
$Fe(OH)_2 + 2\,e^- \rightarrow Fe + 2\,OH^-$	−0,88

Qual é a outra espécie que está presente na composição da mistura sólida comercial para aumentar sua eficiência?

a. Al **c.** $Cu(OH)_2$ **e.** Pb
b. Co **d.** $Fe(OH)_2$

6. (Enem) Grupos de pesquisa em todo o mundo vêm buscando soluções inovadoras, visando a produção de dispositivos para a geração de energia elétrica. Dentre eles, pode-se destacar as baterias de zinco-ar, que combinam o oxigênio atmosférico e o metal zinco em um eletrólito aquoso de caráter alcalino. O esquema de funcionamento da bateria zinco-ar está apresentado na figura.
6. e



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: LI, Y.; DAI, H. Recent Advances in Zinc–Air Batteries. **Chemical Society Reviews**, v. 43, n. 15, 2014 (adaptado).

No funcionamento da bateria, a espécie química formada no ânodo é

a. $H_2(g)$. **d.** $OH^-(aq)$.
b. $O_2(g)$. **e.** $Zn(OH)_4^{2-}(aq)$.
c. $H_2O(l)$.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 19

Eletrólise

MAURITIUS IMAGES GMBH/ALAMY/FOTOARENA

Automóveis movidos a celas a combustível geralmente são abastecidos com o gás hidrogênio. A produção industrial desse gás pode ser realizada por meio da eletrólise da água. (Carro em abastecimento com gás hidrogênio, Alemanha, 2020.)

A eletrólise pode ser considerada o processo eletroquímico inverso ao de uma pilha, pois utiliza a energia elétrica para proporcionar a ocorrência de uma reação química não espontânea. Esse processo apresenta diversas aplicações e possibilita a obtenção de substâncias de interesse comercial, como o alumínio metálico e o hipoclorito de sódio aquoso. A eletrólise também está presente em nosso cotidiano e ocorre, por exemplo, ao recarregarmos a bateria de um celular. Nesse processo de recarga da bateria, ocorrem no interior dela reações químicas não espontâneas provocadas pela passagem de corrente elétrica. Depois de recarregada, a bateria volta a produzir energia elétrica por meio de uma reação espontânea de oxirredução (Capítulo 17).

Uma das aplicações tecnológicas relevantes da eletrólise é na produção de gás hidrogênio. Esse gás tem sido amplamente aplicado no processamento de alguns componentes do petróleo e como combustível em foguetes e celas a combustível (Capítulo 17). Sua obtenção em quantidades significativas exige processos químicos industriais, sendo a eletrólise da água um deles. Eletrolisar a água é um processo vantajoso, pois, entre outros fatores, gera amostras de gás hidrogênio com elevada pureza, de até 99,999% em volume. Na eletrólise da água, os gases hidrogênio, H_2, e oxigênio, O_2, são os produtos de uma transformação química de oxirredução na qual a água é o reagente. A reação é promovida pela passagem de uma corrente elétrica contínua através do líquido.

A eletrólise da água é um dos métodos mais simples e promissores de produção do gás hidrogênio em larga escala. No entanto, o seu elevado custo de operação (especialmente em função do preço da energia elétrica utilizada) dificulta sua disseminação ao redor do mundo. Como ele é obtido a partir da água, que é um recurso renovável, atualmente várias pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de tornar esse processo mais viável economicamente.

Neste capítulo você conhecerá a eletrólise, seus tipos e algumas das suas aplicações.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Conceito de eletrólise

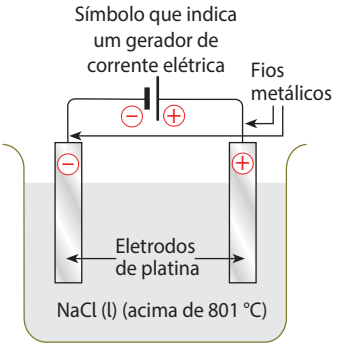
No Capítulo 17, comentamos que a eletroquímica estuda a relação entre a corrente elétrica e as reações químicas. Existem dois temas de grande interesse nessa área científica. Um deles são as pilhas (celas galvânicas), que estudamos naquele capítulo. O outro é o assunto deste capítulo: o uso da corrente elétrica (gerada, por exemplo, por uma cela galvânica) para forçar a ocorrência de uma reação química que não ocorreria espontaneamente.

Uma reação química não espontânea que acontece de modo forçado devido à passagem de corrente elétrica é denominada **eletrólise**, e os dispositivos em que esse tipo de processo ocorre são as **celas eletrolíticas**.

Considere a aparelhagem experimental esquematizada nas Figuras 1 e 2. Se o que está dentro do recipiente esquematizado fosse cloreto de sódio sólido, NaCl(s), não haveria passagem de corrente elétrica, pois, quando essa substância está em fase sólida, os íons que a constituem (Na^+ e Cl^-) não estão livres, não têm mobilidade para estabelecer uma corrente elétrica. Para possibilitar a passagem de corrente elétrica através do NaCl, é necessário que os íons Na^+ e Cl^- sejam liberados e passem a ter mobilidade. Isso pode ser conseguido de duas maneiras: aquecendo o composto até ocorrer sua fusão (Figura 1) ou, então, adicionando-se água para dissolvê-lo e provocar sua dissociação iônica, ou seja, a separação de seus íons em fase aquosa (Figura 2).

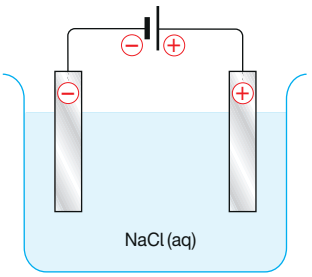
Como estudaremos na sequência, durante a passagem de corrente elétrica pelo cloreto de sódio, esteja ele líquido ou em solução aquosa, ocorrem reações químicas na superfície das placas metálicas representadas nas Figuras 1 e 2. Denominamos **eletrólise ígnea** uma reação química provocada pela passagem de corrente elétrica através de um composto iônico fundido e **eletrólise aquosa** uma reação química cuja ocorrência se deve à passagem de corrente elétrica através de uma solução aquosa de eletrólito.

Em uma cela eletrolítica, as duas placas de material condutor elétrico imersas no líquido podem ser chamadas de eletrodos. Um deles, aquele conectado ao terminal positivo do gerador elétrico, é o polo positivo (ou eletrodo positivo) da cela eletrolítica. O outro eletrodo, ligado ao terminal negativo do gerador, é o polo negativo (ou eletrodo negativo) da cela eletrolítica.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. A temperatura de fusão do NaCl, a 1 atm, é 801 °C. A passagem de corrente elétrica por NaCl fundido provoca uma reação química na superfície das placas metálicas (eletrodos) de platina. O processo é uma eletrólise ígnea. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

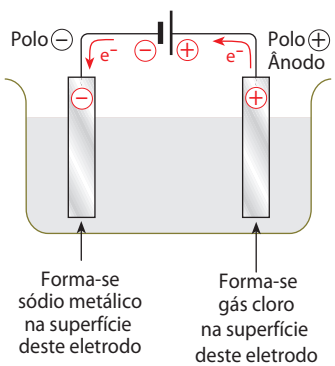
Figura 2. Durante a passagem de corrente elétrica por uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl), ocorre uma eletrólise aquosa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

2. Eletrólise ígnea

Quando se efetua a eletrólise ígnea do NaCl usando eletrodos inertes (isto é, que não reagem quimicamente durante esse processo), verifica-se que ocorre a transformação química desse composto em duas substâncias. Uma delas, produzida no polo positivo, é um gás nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), de cor amarelo-esverdeada, tóxico e de cheiro irritante. A outra, produzida no polo negativo, é um metal sólido nas condições ambientes, de cor cinza, que reage violentamente com a água. Uma análise química permite identificar esses produtos, respectivamente, como gás cloro (Cl_2) e sódio metálico (Na).

O esquema da Figura 3 mostra a atuação do gerador nesse processo. Ele estabelece uma corrente elétrica no circuito. Em um dos fios metálicos desse circuito, elétrons se movimentam do polo negativo do gerador em direção ao eletrodo negativo. Na superfície desse eletrodo (polo negativo da célula eletrolítica), elétrons são recebidos por íons sódio (Na^+), provocando sua redução a sódio metálico (Na^0). A equação dessa semirreação é: $Na^+ + e^- \rightarrow Na^0$.

No outro fio metálico, elétrons se movimentam do eletrodo em direção ao polo positivo do gerador. Esses elétrons provêm da oxidação de íons cloreto (Cl^-) a gás cloro (Cl_2), que ocorre na superfície do eletrodo positivo (polo positivo da célula eletrolítica). A equação dessa semirreação é: $2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Esquema do sentido de movimentação de elétrons nos fios metálicos na eletrólise ígnea do NaCl com eletrodos inertes. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Assim, no tocante às semirreações que ocorrem nos eletrodos da cela eletrolítica, tudo se passa como se a atuação do gerador fosse a de forçar a transferência de elétrons dos íons Cl^- para os íons Na^+, através da parte metálica do circuito.

Conforme comentamos no Capítulo 17, em todas as celas eletroquímicas (sejam galvânicas ou eletrolíticas) vale a seguinte convenção: o eletrodo no qual ocorre a semirreação de **oxidação** é chamado de **ânodo** e o eletrodo em que acontece a semirreação de **redução** é denominado **cátodo**.

A eletrólise é um fenômeno de oxirredução. A equação da reação global pode ser obtida pela soma das equações das semirreações multiplicadas por números adequados para igualar o número de elétrons recebidos na redução com o número de elétrons perdidos na oxidação. No exemplo em questão, multiplicando a equação da semirreação de redução do elemento químico sódio por 2 e somando-a à de oxidação do elemento químico cloro, temos:

Equação da semirreação de redução (no cátodo, polo negativo da eletrólise):

$$2\,Na^+ + \cancel{2e^-} \rightarrow 2\,Na^0$$

Equação da semirreação de oxidação (no ânodo, polo positivo da eletrólise):

$$2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + \cancel{2e^-}$$

(+)

Equação da reação global da eletrólise:

$$2\,Na^+ + 2\,Cl^- \rightarrow 2\,Na^0 + Cl_2$$

Ao estudar pilhas (Capítulo 17), mostramos que elas permitem estabelecer corrente elétrica devido à ocorrência de uma reação química de oxirredução. A reação que ocorre nas pilhas é espontânea. Considerando condições-padrão e temperatura de 25 °C, isso equivale a dizer que elétrons são transferidos de um par de oxirredução que apresenta $E^\ominus$ (potencial-padrão de semicela) menor para outro que apresenta $E^\ominus$ maior (Capítulo 18).

Diferentemente do que acontece em uma pilha, a eletrólise é uma reação química de oxirredução provocada pela corrente elétrica. Dizemos que essa reação é provocada porque **não ocorreria espontaneamente**. Para ilustrar esse fato, consideremos os potenciais-padrão do par de oxirredução Na^+/Na^0, que é $E^\ominus = -2{,}71$ V, e do par Cl^-/Cl_2, que é $E^\ominus = +1{,}36$ V. Nas condições a que se referem esses potenciais, elétrons não se transfeririam espontaneamente do Cl^- (maior $E^\ominus$) para o Na^+ (menor $E^\ominus$). É por isso que a eletrólise requer a utilização de um gerador elétrico adequado, que estabeleça entre os dois eletrodos da cela eletrolítica uma tensão elétrica suficientemente elevada para provocar a reação química não espontânea de oxirredução.

Dialogando com o texto

A física polonesa Marie Curie (Fig. 4) descobriu os elementos rádio e polônio. Foi a primeira mulher a ser laureada com o Prêmio Nobel e a primeira pessoa a receber duas vezes esse prêmio: o de Física (junto com Henri Becquerel e Pierre Curie), em 1903, e o de Química, em 1911. Embora a descoberta do rádio tenha sido realizada em 1898, a obtenção de uma amostra de rádio metálico (substância simples constituída do elemento químico rádio) só foi possível em 1902, quando Marie realizou a **eletrólise ígnea** de uma amostra de cloreto de rádio. Esse processo será o tema da atividade 4 do *Aplicando conhecimentos*.

BOYER/ROGER VIOLLET/GETTY IMAGES

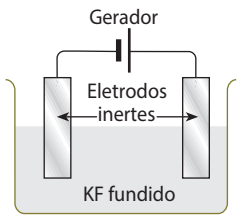
Figura 4. Marie Curie, em foto de 1903.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. A aparelhagem esquematicamente representada a seguir é usada para a eletrólise ígnea do fluoreto de potássio (KF, constituído de íons K^+ e F^-), realizada industrialmente para produzir gás flúor.



(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reproduza esse desenho no caderno e indique nele:

a. os polos positivo e negativo da cela eletrolítica;

b. o cátodo e o ânodo da cela eletrolítica;

c. o sentido de movimentação de elétrons nos fios;

d. o sentido de movimentação dos cátions e dos ânions no líquido, durante a eletrólise.

2. Equacione as semirreações e a reação global da eletrólise da atividade anterior.

3. O alumínio é um dos metais mais importantes para a sociedade, com diversas aplicações cotidianas. É produzido por eletrólise ígnea do óxido de alumínio, Al_2O_3, no qual existem íons Al^{3+} e O^{2-}.

a. Admitindo que a eletrólise seja feita com eletrodos inertes, quais são as substâncias produzidas no cátodo e no ânodo?

b. Equacione as duas semirreações envolvidas.

4. Conforme *o Dialogando com o texto* do item 2, a substância simples rádio metálico foi obtida pela primeira vez pela cientista Marie Curie, em um experimento no qual realizou a eletrólise ígnea do cloreto de rádio ($RaCl_2$, constituído de íons Ra^{2+} e Cl^-). Equacione as semirreações dessa eletrólise, indicando qual delas é a catódica e qual é a anódica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Eletrólise aquosa

Conforme já comentamos, eletrólise aquosa é uma reação química provocada pela passagem de corrente elétrica através de uma solução aquosa de um eletrólito. Para facilitar o entendimento, consideremos, como ponto de partida, os resultados experimentais listados na Tabela 1, obtidos na eletrólise de algumas soluções aquosas com eletrodos inertes.

Como se pode notar pela análise da tabela, em alguns dos casos relacionados, ocorre produção de gás hidrogênio, $H_2(g)$, no cátodo e/ou de gás oxigênio, $O_2(g)$, no ânodo. Esses gases são produtos das semirreações em que a água é o reagente envolvido na redução (no cátodo) ou na oxidação (no ânodo).

Equação da semirreação de redução da água no cátodo:

$$2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$$

Equação da semirreação de oxidação da água no ânodo:

$$2\,H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^-$$

Quem tem maior tendência para reagir no cátodo: a água ou o cátion do eletrólito dissolvido em água? E no ânodo: a água ou o ânion do eletrólito? Os resultados de muitos experimentos possibilitaram aos cientistas comparar, em diferentes condições experimentais, a tendência que os diversos íons apresentam para reagir nos eletrodos. Para experimentos realizados nas condições-padrão (definidas no Capítulo 17) e a 25 °C, os resultados experimentais permitiram a elaboração de filas indicativas da tendência de reagir em comparação com a água (Fig. 5), instrumentos de consulta com os quais podemos prever quais serão as reações catódica e anódica de uma eletrólise aquosa. Para exemplificar, vamos considerar as quatro eletrólises aquosas cujos resultados estão na Tabela 1. Acompanhe os exemplos consultando a Figura 5.

- **Eletrólise aquosa de cloreto de estanho(II), $SnCl_2(aq)$.** Tanto os cátions (Sn^{2+}) quanto os ânions (Cl^-) presentes nessa solução têm tendência maior que a água para reagir nos eletrodos. Os produtos da eletrólise são, portanto, estanho metálico (Sn) no cátodo e gás cloro (Cl_2) no ânodo (Fig. 6).

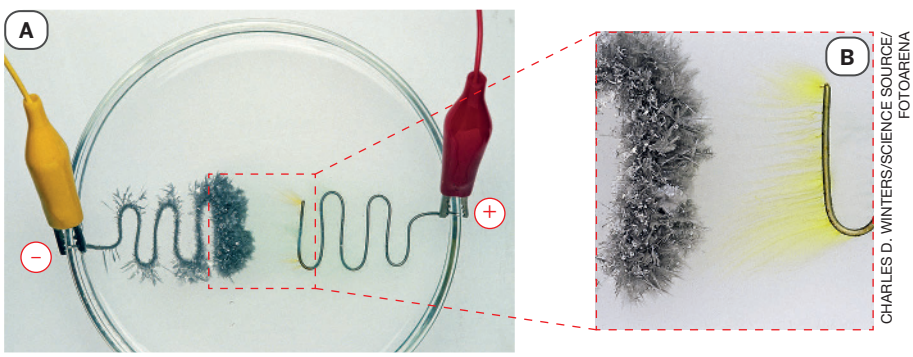
  Equação da semirreação do cátodo: $Sn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightarrow Sn(s)$

  Equação da semirreação do ânodo: $2\,Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2\,e^-$

- **Eletrólise aquosa de nitrato de prata, $AgNO_3(aq)$.** Os cátions presentes nessa solução (Ag^+) têm tendência maior que a água para reagir, mas os ânions (NO_3^-), não. Então, nesse caso, a água reage no ânodo e essa eletrólise produz prata metálica (Ag) no cátodo e gás oxigênio (O_2) no ânodo.

  Equação da semirreação do cátodo: $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$

  Equação da semirreação do ânodo: $2\,H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^-$



CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 6. (A) Eletrólise de solução aquosa de $SnCl_2$ em uma placa de Petri. No polo negativo, depositam-se cristais de estanho metálico (Sn). No polo positivo, forma-se cloro molecular (Cl_2), que dá coloração amarelada à solução nessa região (B).

Tabela 1. Produtos de eletrólises aquosas

Soluto da solução eletrolisada	Substância produzida no cátodo	Substância produzida no ânodo
$SnCl_2$ (aq)	Sn (s)	Cl_2 (g)
$AgNO_3$ (aq)	Ag (s)	O_2 (g)
KI (aq)	H_2 (g)	I_2 (s)
Na_2SO_4 (aq)	H_2 (g)	O_2 (g)

Fonte: elaborada a partir de SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. **Chemistry**: the Molecular Nature of Matter and Change. 9. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2021. p. 991.

Dados referentes a soluções aquosas de diferentes solutos, com eletrodos inertes, nas condições-padrão e a 25 °C.

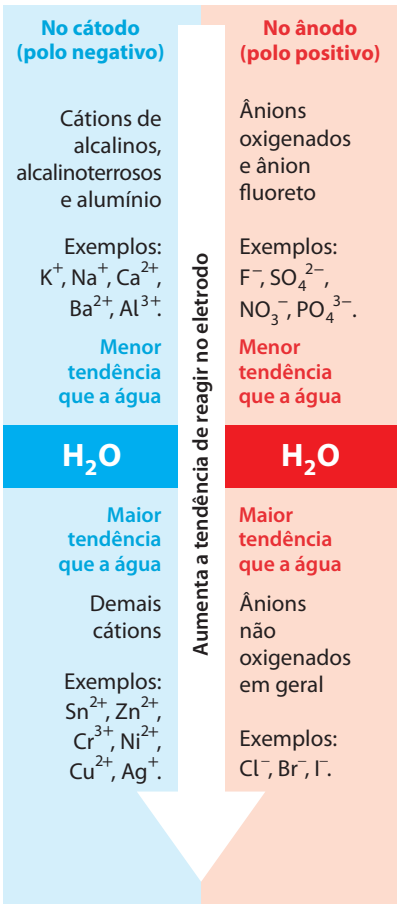


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada a partir de SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Op. cit.* p. 991.

Figura 5. Esquema comparativo da tendência de um íon reagir no cátodo (parte esquerda do esquema) ou no ânodo (parte direita do esquema) em relação à água, para eletrólise aquosa, nas condições-padrão e a 25 °C.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

- **Eletrólise aquosa de iodeto de potássio, KI (aq).** Nesse caso, os ânions presentes na solução (I^-) têm tendência maior que a água para reagir, mas os cátions (K^+), não. Então, nesse caso, a água reage no cátodo, havendo produção de gás hidrogênio (H_2) no cátodo e iodo molecular (I_2) no ânodo (Fig. 7).

  Equação da semirreação do cátodo: $2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$

  Equação da semirreação do ânodo: $2\,I^-(aq) \rightarrow I_2(s) + 2\,e^-$

- **Eletrólise aquosa de sulfato de sódio, Na_2SO_4 (aq).** Nem os cátions (Na^+) nem os ânions (SO_4^{2-}) presentes nessa solução têm tendência maior que a da água para reagir. Então, a água reage nos dois eletrodos e os produtos da eletrólise são os gases hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2) (Fig. 8).

  Equação da semirreação do cátodo: $2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$

  Equação da semirreação do ânodo: $2\,H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^-$

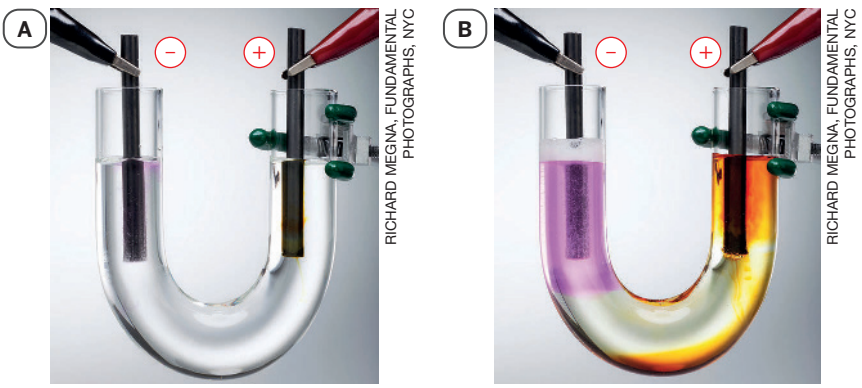


Figura 7. Eletrólise aquosa de KI com eletrodos inertes de grafite. A solução também contém fenolftaleína. A foto (A) foi tirada logo no início do experimento, e a foto (B), 10 minutos depois. Os íons OH^- produzidos no polo negativo fazem a fenolftaleína ficar rósea, e o I_2 formado no polo positivo é responsável pela coloração castanha.

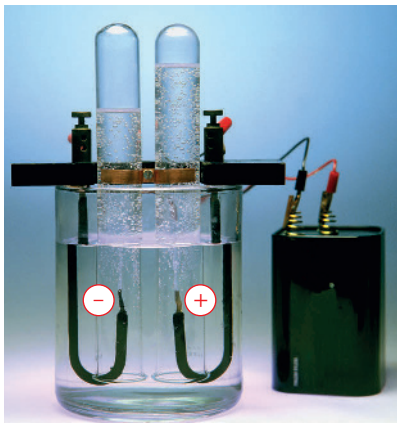


Figura 8. Eletrólise de uma solução aquosa de Na_2SO_4, que produz gás hidrogênio (H_2) no cátodo e gás oxigênio no ânodo (O_2). O gás hidrogênio é recolhido no tubo de ensaio à esquerda e o gás oxigênio, no tubo à direita.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

5. No texto do item 3, existem quatro exemplos de eletrólises aquosas.

a. Considerando as informações apresentadas, deduza a equação que representa a reação global que ocorre em cada um desses exemplos.

b. Determine qual é o elemento químico que se oxida e qual é o elemento químico que se reduz, em cada um desses processos.

6. Quando, em uma eletrólise aquosa, a água é o reagente tanto no cátodo quanto no ânodo (Fig. 8), dizemos que está ocorrendo eletrólise da água. Para esse processo ocorrer, deve-se dissolver na água um eletrólito adequado, substância cuja solução aquosa seja condutora de corrente elétrica.

Quais das substâncias representadas pelas fórmulas LiCl, KBr, NaOH, H_2SO_4, HCl, KNO_3 e $CuSO_4$ podem ser dissolvidas na água a fim de possibilitar a eletrólise da água? Explique, argumentando com base em informações apresentadas no texto ou nas figuras deste capítulo.

7. O sódio, o potássio, o magnésio e o alumínio são exemplos de metais obtidos industrialmente por meios eletrolíticos. A obtenção, contudo, deve ser realizada por eletrólise ígnea e não aquosa. Por quê?

8. A eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio é o método empregado na produção de algumas substâncias de importância industrial. A respeito dessa eletrólise aquosa, responda às perguntas.

a. Qual é o gás produzido no ânodo? Equacione a semirreação.

b. Qual é o gás produzido no cátodo? Equacione a semirreação.

c. Ambas as substâncias produzidas nos eletrodos podem reagir entre si, sob condições apropriadas, produzindo uma substância muito comum em laboratórios de Química. Que substância é essa?

d. À medida que a eletrólise prossegue, restam em solução cátions e ânions que tomam parte na composição de uma importante base inorgânica (hidróxido inorgânico). Que base é essa?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Aplicações da eletrólise

Galvanoplastia

A **galvanoplastia** consiste em revestir a superfície de uma peça metálica com uma fina camada de outro metal, por meio de eletrólise aquosa de seu sal. A peça atuará como cátodo, e o sal deve conter o íon do metal que se deseja depositar. Os exemplos mais conhecidos são o revestimento por crômio (metal também chamado de cromo), a **cromação** (Fig. 9), ou por níquel, a **niquelação**.

O nome galvanoplastia é uma homenagem ao cientista italiano Luigi Galvani (1737-1798). Esse processo é muito utilizado para revestir anéis, brincos, pulseiras, correntes, relógios e faqueiros com uma fina camada (que tem espessura de aproximadamente $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ cm) de prata ou de ouro. A produção de ferro galvanizado, que consiste no ferro que recebeu uma camada superficial de zinco (reveja a finalidade desse revestimento no item 6 do Capítulo 18), também pode ser feita por eletrólise.

A Figura 10 ilustra o revestimento de um garfo de metal com uma camada de cobre metálico. O garfo é empregado como cátodo na eletrólise de uma solução aquosa de sulfato de cobre(II). Os íons $Cu^{2+}(aq)$ presentes na solução migram para o cátodo, onde são reduzidos a cobre metálico, depositando-se no objeto.

TOPSELLER/SHUTTERSTOCK

Figura 9. Detalhes metálicos cromados em peças de automóveis são obtidos por eletrodeposição de crômio metálico, técnica que é um exemplo de galvanoplastia.

Anodização

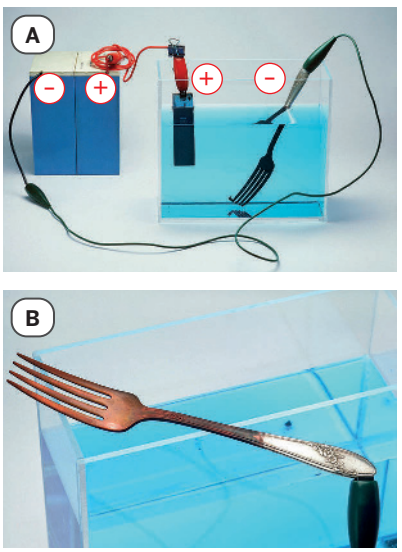
Uma forma de resguardar certos metais contra a corrosão é a formação de uma camada protetora superficial de um óxido do próprio metal. Tal proteção pode ser feita por meio de um processo eletrolítico, que, nesse caso, é denominado **anodização**. Um exemplo de anodização bastante conhecido envolve o alumínio. A peça de alumínio a ser protegida é usada como ânodo (polo positivo) durante uma eletrólise de uma solução aquosa diluída de H_2SO_4. Nesse eletrodo ocorre a liberação de oxigênio gasoso, produzido na semirreação de oxidação da água:

$$2\,H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^-$$

O gás oxigênio reage com o alumínio metálico constituinte do ânodo, formando óxido de alumínio (Al_2O_3):

$$3\,O_2(g) + 4\,Al(s) \rightarrow 2\,Al_2O_3(s)$$

A camada de Al_2O_3 é muito fina e incolor, atuando como uma película protetora (Fig. 11.A). Essa camada é relativamente porosa, permitindo que após a anodização sejam aplicados corantes, que penetram nesses poros. Em seguida, os poros são selados mantendo-se a peça mergulhada por algum tempo em água quente. Uma peça metálica submetida a esse processo estará protegida contra a corrosão e vistosa para ser comercializada (Fig. 11.B). São exemplos dessas peças anodizadas: janelas, grades, portões e tampas de panela de alumínio em cores.



CHIP CLARK, FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

Figura 10. (A) Um garfo metálico é empregado como cátodo na eletrólise aquosa de $CuSO_4$. Os cátions $Cu^{2+}(aq)$ são reduzidos a cobre metálico e se depositam sobre a peça (B).

HOMYDESIGN/SHUTTERSTOCK

FFOLAS/SHUTTERSTOCK

Figura 11. (A) Caixa para transportar ferramentas feita de alumínio anodizado. (B) Patinete de alumínio contendo partes de alumínio que, após a anodização, tiveram corante azul incorporado à camada protetora de óxido de alumínio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Obtenção de substâncias de interesse

Por meio da eletrólise, são obtidas industrialmente várias substâncias de interesse. Entre elas há substâncias simples, como gás hidrogênio (H_2), gás flúor (F_2), gás cloro (Cl_2), metais alcalinos, metais alcalinoterrosos e alumínio, e substâncias compostas, como hidróxido de sódio (NaOH), hipoclorito de sódio (NaClO) e ácido clorídrico (HCl).

A produção do gás flúor envolve a eletrólise ígnea do fluoreto de potássio (KF), cuja equação da semirreação anódica é: $2\,F^-(aq) \rightarrow F_2(g) + 2\,e^-$.

A produção industrial de hidróxido de sódio, cloro, hidrogênio, ácido clorídrico e hipoclorito de sódio envolve a eletrólise aquosa de uma solução de cloreto de sódio.

Equação da semirreação do cátodo: $2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$

Equação da semirreação do ânodo: $2\,Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2\,e^-$

Há produção de gás hidrogênio no cátodo e de gás cloro no ânodo. Restam, na solução aquosa, cátions sódio (Na^+) e ânions hidróxido (OH^-). A subsequente evaporação da água dessa solução fornece hidróxido de sódio sólido, NaOH (s), composto também conhecido como soda cáustica, matéria-prima para fabricar sabão e papel.

O gás cloro é usado na produção do plástico PVC, do ácido clorídrico e do hipoclorito de sódio. Para fabricação do ácido clorídrico, reage-se o gás cloro (obtido no ânodo) com gás hidrogênio (obtido no cátodo), o que produz HCl gasoso (cloreto de hidrogênio), que, em seguida, é borbulhado em água, originando o ácido clorídrico, nome dado ao HCl em meio aquoso.

Para a fabricação de hipoclorito de sódio (NaClO), borbulha-se gás cloro em solução de hidróxido de sódio:

$$Cl_2(g) + 2\,NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + NaClO(aq) + H_2O(l)$$

O hipoclorito de sódio é usado como desinfetante e alvejante, sendo o componente ativo da água sanitária. A desinfecção da água para torná-la potável pode ser feita por adição de quantidade apropriada de solução aquosa de NaClO.

5. Metalurgia

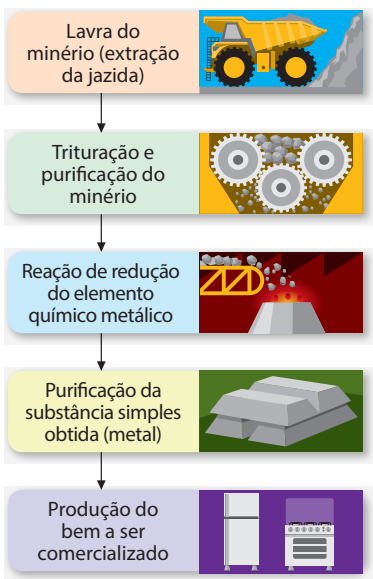
OBJETO DIGITAL Mapa clicável: Substâncias metálicas no Brasil

Na crosta terrestre existe grande diversidade de substâncias formadas, ao longo de milhões de anos, em processos geológicos. Essas substâncias são denominadas **minerais**, e muitos deles contêm metais em sua composição química. Dependendo da constituição e da abundância do mineral, é possível obter o metal constituinte sob a forma de substância simples.

Chamamos de **minério** um mineral a partir do qual seja economicamente viável a obtenção de uma substância de interesse. A **metalurgia** é a sequência de processos executados com a finalidade de obter uma substância simples metálica a partir do minério adequado (Fig. 12). Os átomos da maioria dos elementos químicos metálicos são encontrados nos minérios como cátions, por exemplo, Zn^{2+}, Cr^{3+}, Pb^{2+} e Fe^{3+}. Assim, para que seja possível obter a substância simples metálica, é necessário realizar a redução do metal.

Para obter, por exemplo, a substância simples ferro metálico (Fe^0) a partir do óxido de ferro(III) (Fe_2O_3), encontrado naturalmente em um minério chamado hematita, é preciso que o elemento químico ferro seja reduzido do número de oxidação +3 (no Fe^{3+}) ao número de oxidação zero (no Fe^0). Note que se trata do oposto do que ocorre no enferrujamento (item 6 do Capítulo 18), processo corrosivo que tende a oxidar Fe^0 a Fe^{3+}.

A obtenção de metais alcalinos, alcalinoterrosos e alumínio, cujos cátions têm baixa tendência a se reduzir, é realizada por meio de eletrólise ígnea (recorde a atividade 7 do *Aplicando conhecimentos*).



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 12. Esquematização de etapas da metalurgia. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

SAÚDE MEIO AMBIENTE ODS 3 ODS 15

A mineração é uma atividade de exploração de recursos naturais não renováveis que, se realizada de maneira inadequada, pode acarretar diversos problemas, afetando a saúde de pessoas e causando danos ao meio ambiente e aos seres vivos.

Pesquisem exemplos de problemas acarretados pela mineração e quais deveriam ser as práticas executadas para que esses problemas não acontecessem ou fossem minorados. Elaborem um cartaz (ou outra forma de apresentação, conforme critério do professor) que apresente os problemas pesquisados e **proponha soluções**, usando **argumentos éticos, legais e científicos**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Uerj) A eletrólise da ureia, substância encontrada na urina, está sendo proposta como forma de obtenção de hidrogênio, gás que pode ser utilizado como combustível.

Observe as equações das semirreações da célula eletrolítica empregada nesse processo, realizado com 100% de rendimento:

• equação da semirreação anódica:

$$CO(NH_2)_2 + 6\,OH^- \rightarrow N_2 + 5\,H_2O + CO_2 + 6\,e^-$$

• equação da semirreação catódica:

$$6\,H_2O + 6\,e^- \rightarrow 3\,H_2 + 6\,OH^-$$

Considere as seguintes informações:

1. A ureia tem fórmula química $CO(NH_2)_2$ e sua concentração na urina é de 20 $g \cdot L^{-1}$.
2. Um ônibus movido a hidrogênio percorre 1 km com 100 g desse combustível.

Apresente a reação global da eletrólise da ureia. Em seguida, calcule a distância, em quilômetros, percorrida por um ônibus utilizando o combustível gerado na eletrólise de dez mil litros de urina.

2. Embora o alumínio metálico tenha sido obtido pela primeira vez na década em 1820, somente em 1886 foi desenvolvido um processo econômico para sua produção industrial a partir da **alumina**, $Al_2O_3(s)$, extraída do minério **bauxita**. O problema é a elevada temperatura de fusão da alumina, acima de 2.000 °C, difícil de atingir e manter.

O francês Paul Héroult (1863-1914) e o estadunidense Charles Hall (1863-1914) solucionaram o problema em 1886. (Você não leu errado; nasceram em um mesmo ano, descobriram independentemente como obter alumínio metálico em um mesmo ano e também morreram em um mesmo ano.) Eles descobriram que a mistura, em proporções adequadas, de alumina e criolita, $Na_3AlF_6(s)$, funde a cerca de 1.000 °C, temperatura possível de atingir e manter durante a eletrólise.

No método, que hoje é conhecido como **processo Héroult-Hall**, a eletrólise é feita com eletrodos de carbono grafite, sendo que o $O_2(g)$ liberado no ânodo reage com o carbono do eletrodo formando dióxido de carbono gasoso, $CO_2(g)$. Para se obter 1 t de alumínio necessita-se por volta de 2 t de alumina (a partir de 4 t a 5 t de bauxita) e 0,6 t de grafite para os eletrodos.

Considerando as informações dadas e seus conhecimentos sobre eletrólise, faça o que se pede.

a. Equacione a semirreação de redução de íons Al^{3+} a alumínio metálico, que ocorre no cátodo.

b. O carbono grafite usado no ânodo precisa ser reposto periodicamente. Explique por quê.

c. Justifique a razão de ser muito mais barato obter alumínio por meio da reciclagem de objetos desse metal do que a partir da bauxita.

3. (Enem)

3. c

> Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água.
>
> **Fonte:** SACKS, O. **Tio Tungstênio**: memórias de uma infância química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

a. obtenção de ouro a partir de pepitas.

b. obtenção de calcário a partir de rochas.

c. obtenção de alumínio a partir de bauxita.

d. obtenção de ferro a partir de seus óxidos.

e. obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

4. (Enem) O alumínio é um metal bastante versátil, pois, a partir dele, podem-se confeccionar materiais amplamente utilizados pela sociedade. A obtenção do alumínio ocorre a partir da bauxita, que é purificada e dissolvida em criolita fundida (Na_3AlF_6) e eletrolisada a cerca de 1.000 °C. Há liberação do gás dióxido de carbono (CO_2), formado a partir da reação de um dos produtos da eletrólise com o material presente nos eletrodos. O ânodo é formado por barras de grafita submergidas na mistura fundida. O cátodo é uma caixa de ferro coberta de grafita. A reação global do processo é:

4. a

$$2\,Al_2O_3(l) + 3\,C(s) \rightarrow 4\,Al(l) + 3\,CO_2(g)$$

Na etapa de obtenção do alumínio líquido, as reações que ocorrem no cátodo e ânodo são:

a. cátodo: $Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al$

ânodo $\begin{cases} 2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^- \\ C + O_2 \rightarrow CO_2 \end{cases}$

b. cátodo $\begin{cases} 2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^- \\ C + O_2 \rightarrow CO_2 \end{cases}$

ânodo: $Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al$

c. cátodo $\begin{cases} Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al \\ 2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^- \end{cases}$

ânodo: $C + O_2 \rightarrow CO_2$

d. cátodo $\begin{cases} Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al \\ C + O_2 \rightarrow CO_2 \end{cases}$

ânodo: $2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^-$

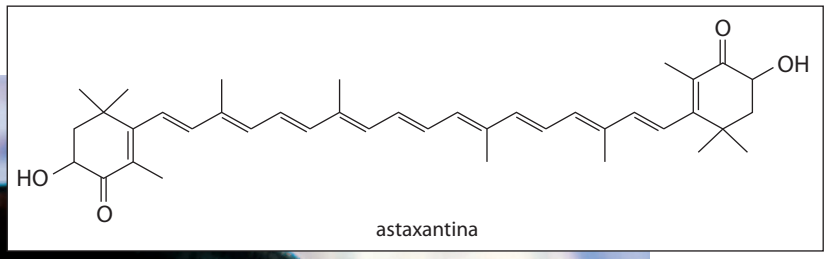
e. cátodo: $2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^-$

ânodo $\begin{cases} Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al \\ C + O_2 \rightarrow CO_2 \end{cases}$

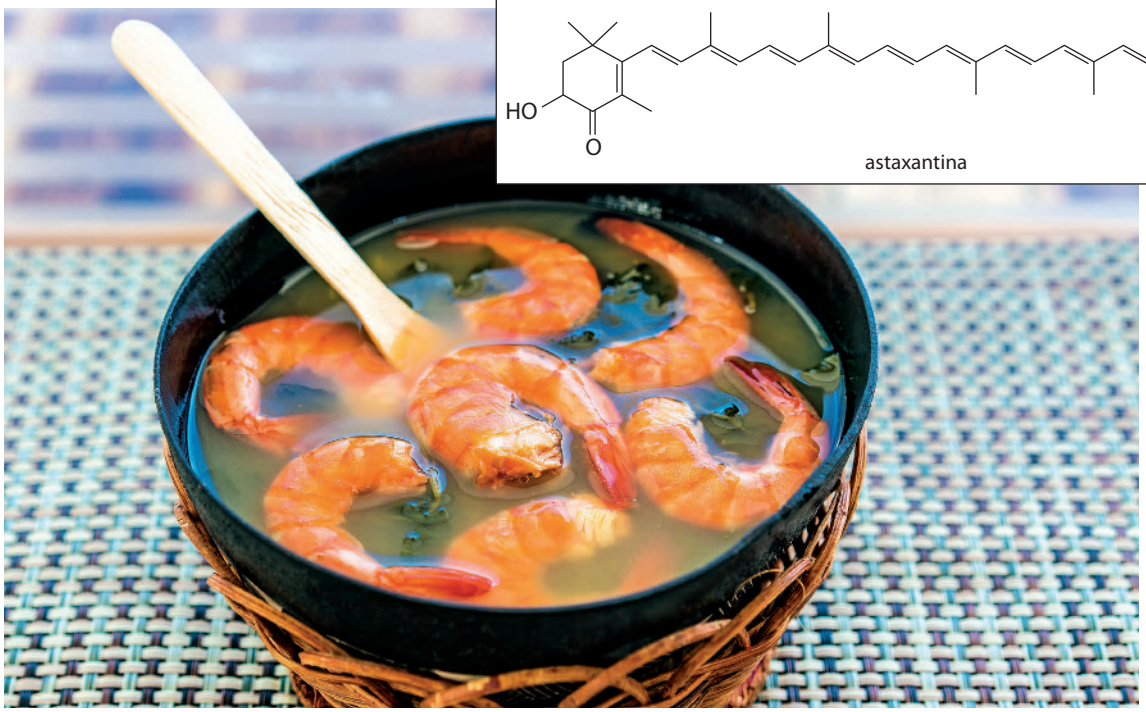
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 20

Classes funcionais orgânicas



astaxantina



POLLYANA VENTURA/ISTOCK/GETTY IMAGES

Tigela com tacacá, prato de origem indígena, feito com tucupi (caldo temperado à base de mandioca), folhas de jambu, goma de mandioca e camarão, muito apreciado na Região Amazônica, especialmente no Pará. A cor róseo-alaranjada dos camarões se deve à astaxantina (fórmula em destaque), substância pertencente às classes funcionais álcool e cetona, estudadas neste capítulo.

Entre os procedimentos científicos mais comuns está a separação dos objetos de um estudo em categorias, de acordo com critérios preestabelecidos que levem em conta uma ou mais características desses objetos.

No estudo dos compostos orgânicos, eles são agrupados em **classes funcionais**, que são grupos de substâncias que apresentam certa similaridade em sua composição e em suas propriedades químicas.

Iniciaremos este capítulo mostrando algumas maneiras de representar os compostos orgânicos e, a seguir, abordaremos os hidrocarbonetos e algumas das regras mais simples destinadas à sua nomenclatura. O grupo dos hidrocarbonetos é um exemplo de classe funcional de compostos orgânicos. A seguir, estudaremos com certo detalhamento mais algumas classes funcionais importantes de compostos orgânicos: os álcoois, os aldeídos, as cetonas, os ácidos carboxílicos e os ésteres.

Aprenderemos qual a relação de algumas dessas substâncias com a nossa vida cotidiana e tomaremos contato com algumas das regras para a nomenclatura dos representantes mais simples de cada uma dessas classes.

Em seguida, apresentaremos uma lista das principais classes funcionais e também dos respectivos **grupos funcionais**, ou seja, dos grupos de átomos que caracterizam cada uma dessas classes.

Ao final deste capítulo, você será capaz de reconhecer as principais classes funcionais de compostos orgânicos, bem como os grupos funcionais que correspondem a cada uma delas. Também estará apto a escrever o nome dos representantes mais simples e significativos de cada uma dessas classes funcionais e, de modo inverso, interpretar corretamente o nome de um composto, elaborando, a partir dele, a fórmula estrutural correspondente.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Considerando oportuno, é conveniente fazer com os estudantes uma recapitulação dos assuntos tratados no Capítulo 5 antes de iniciar a abordagem deste item 1.

1. Hidrocarbonetos

Os **hidrocarbonetos** são compostos formados exclusivamente por átomos dos elementos químicos carbono e hidrogênio. Alguns exemplos desse tipo de substância orgânica são representados pelas seguintes fórmulas estruturais:

CH_4 metano

$H_3C—CH_3$ etano

$H_3C—CH_2—CH_3$ propano

$H_3C—CH_2—CH_2—CH_3$ butano

$H_3C—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$ pentano

O metano (CH_4) é um gás incolor e inodoro constituinte do gás natural. É produzido na decomposição de restos de organismos sob ação microbiana na ausência de gás oxigênio (Fig. 1), razão pela qual é conhecido como gás dos pântanos. O etano também é componente do gás natural. O propano e o butano são os constituintes principais do gás liquefeito de petróleo, usado como combustível em fogões.

FLYSTOCK/SHUTTERSTOCK

Figura 1. Bolhas de gás metano produzidas por microrganismos no fundo de um lago (em condições anaeróbicas, isto é, ausência de gás oxigênio) e que ficaram retidas quando o lago congelou. (Lago Abraham, Alberta, Canadá.)

Os nomes desses exemplos apresentados são constituídos de três partes, um prefixo, um infixo e um sufixo. O prefixo (parte inicial do nome) indica o número de átomos de carbonos: met (1), et (2), prop (3), but (4), pent (5) (esses e outros prefixos estão listados na Tabela 1). O infixo (parte intermediária do nome), que nesse caso é "**an**", indica que os hidrocarbonetos são **saturados**, ou seja, só existem ligações covalentes simples entre os átomos de carbono (Tabela 2).

Tabela 1. Prefixos que indicam o número de carbonos

Prefixo	Número de carbonos
met	1
et	2
prop	3
but	4
pent	5
hex	6
hept	7
oct	8
non	9
dec	10

Fonte: elaborada a partir de SMITH, J. G. **Principles of General, Organic, & Biological Chemistry**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 347.

Tabela 2. Infixos para a nomenclatura orgânica

Infixo	Tipo de ligação
an	simples
en	dupla
in	tripla

Fonte: elaborada a partir de ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**; questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018. p. 778.

O sufixo (parte final do nome), que nesse caso é "**o**", indica se tratar de um hidrocarboneto. Oportunamente, conheceremos outros conjuntos de substâncias orgânicas, além dos hidrocarbonetos, e chamaremos esses conjuntos de **classes funcionais orgânicas** (que alguns chamam de **funções orgânicas**). Os sufixos empregados para a nomenclatura de algumas classes funcionais aparecem na Tabela 3.

Tabela 3. Sufixos para a nomenclatura de alguns tipos de compostos orgânicos

Sufixo	Classe funcional
o	hidrocarboneto**o**
ol	álco**ol**
al	**al**deído
ona	ceto**na**
oico	ácido carboxíl**ico**

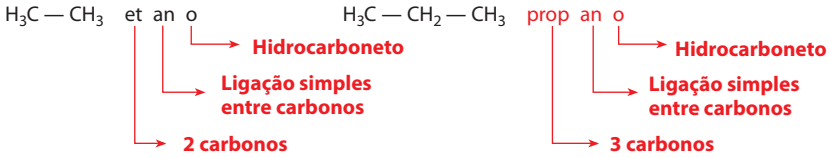
Neste ponto do capítulo, estudamos os hidrocarbonetos.

Essas classes funcionais serão estudadas oportunamente neste capítulo.

Fonte: elaborada a partir de ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Op. cit.* p. 778, 799, 801-802.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Observe a esquematização que explica os nomes do etano e do propano:

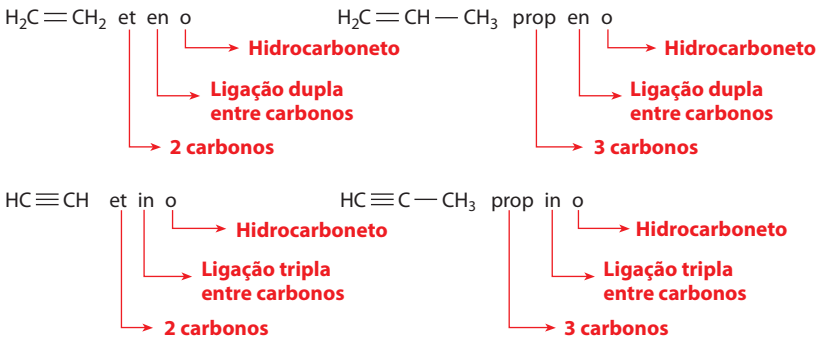


A seguir, estão exemplos de fórmulas estruturais de hidrocarbonetos **insaturados**, designação usada para indicar a presença de ao menos uma ligação covalente dupla ou tripla entre átomos de carbono.

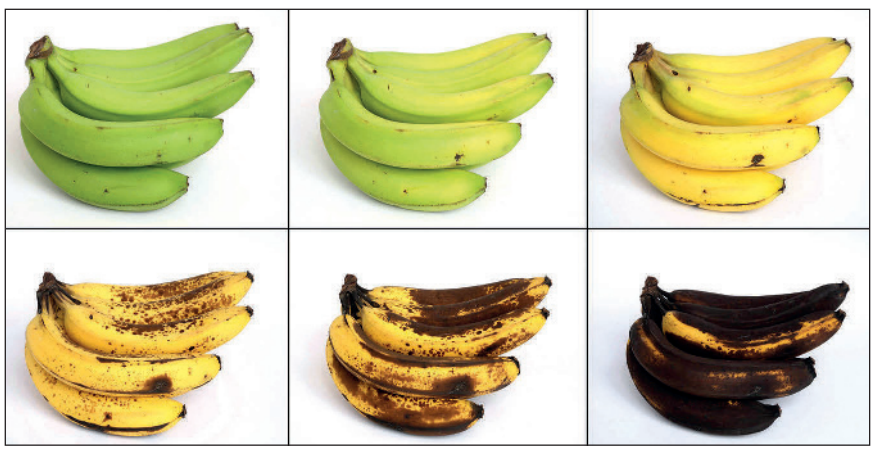
$H_2C = CH_2$ eteno $\quad H_2C = CH — CH_3$ propeno

$HC \equiv CH$ etino $\quad HC \equiv C — CH_3$ propino

Nesse caso, o infixo "**en**" indica a existência de uma ligação dupla e "**in**" designa a presença de uma ligação tripla (Tabela 2).



O eteno, obtido como subproduto do processamento do petróleo, é uma importante matéria-prima para indústrias químicas. É liberado por certas plantas, atuando como hormônio vegetal responsável, entre outros eventos, pelo amadurecimento de frutos. Fruticultores se aproveitam dessa propriedade do eteno; eles podem apanhar frutos ainda verdes, transportá-los sem que haja perda apreciável por apodrecimento e forçar a maturação submetendo-os a um ambiente contendo esse gás (Figura 2).



TED KINSMAN/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 2. As bananas produzem gás eteno, que desencadeia processos biológicos de maturação na própria fruta. O amadurecimento de muitos frutos pode ser acelerado de modo intencional por exposição a esse hidrocarboneto.

O etino possui largas aplicações. Pode ser utilizado como combustível em maçaricos destinados a soldar ferragens ou cortar chapas metálicas (Figura 3). Sob o ponto de vista industrial, o etino constitui uma das mais importantes matérias-primas, a partir da qual pode-se obter grande diversidade de outros compostos usados para fabricar plásticos, tintas, adesivos e fibras têxteis, por exemplo.

Dialogando com o texto

O uso de prefixos, infixos e sufixos é parte das regras de **nomenclatura sistemática** de compostos orgânicos elaboradas pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Esse tipo de nomenclatura emprega regras que se fundamentam na estrutura da molécula, tais como número de átomos de carbono, presença de insaturações e classe funcional. As primeiras regras sistemáticas de nomenclatura orgânica foram elaboradas em 1892 e, desde então, são aprimoradas periodicamente.

Existem diversos casos de compostos orgânicos que recebem **nomes triviais**, isto é, nomes não sistemáticos, muitos dos quais foram criados antes da elaboração das regras sistemáticas. Alguns deles são, inclusive, aceitos pela IUPAC como formas alternativas para a denominação desses compostos.

Nomes sistemáticos e nomes triviais podem ser encontrados mediante uma busca na internet ou, então, em livros específicos sobre Química Orgânica.

Para você perceber como esse tipo de consulta é bem simples, pesquise o nome trivial do eteno e o do etino.

BUGPHAI/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 3. Um maçarico cujo funcionamento se fundamenta na combustão do gás etino.

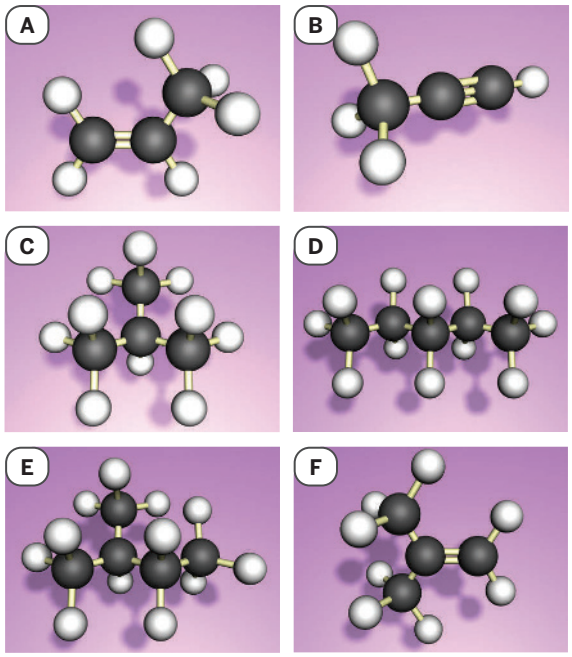
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Interprete os modelos moleculares a seguir e, fundamentado nessa interpretação, elabore a fórmula estrutural de cada um dos seis hidrocarbonetos.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

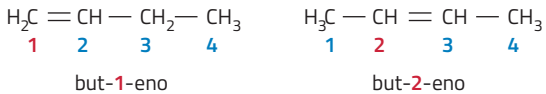
Modelos moleculares de seis hidrocarbonetos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono.)

2. Os hidrocarbonetos mais simples são o metano, o etino, o eteno e o etano. Após interpretar esses nomes com base nas Tabelas 1, 2 e 3 deste capítulo, elabore a fórmula estrutural que representa cada um deles.

3. Qual é a diferença estrutural entre os hidrocarbonetos denominados propano, propeno e propino?

4. Os hidrocarbonetos but-1-eno e but-2-eno têm a mesma fórmula molecular (C_4H_8), diferindo na localização da insaturação C═C na molécula.

Para efeito de nomenclatura desses compostos, os átomos de carbono recebem uma numeração, iniciada na extremidade mais próxima à insaturação. A seguir, especifica-se, no nome, antes do infixo "en", o menor número entre os dois átomos de carbono que estabelecem a dupla ligação. Veja a esquematização a seguir.



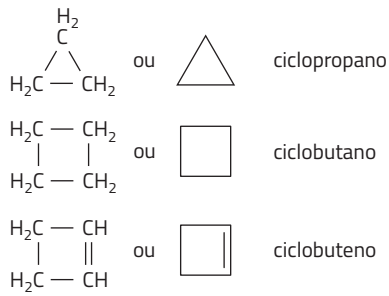
Com base nessas informações:

a. Explique a razão de não existir but-3-eno nem but-4-eno.

b. Elabore a fórmula estrutural do pent-2-eno.

5. Inspirado na atividade anterior, elabore a fórmula estrutural que represente os hidrocarbonetos chamados de but-1-ino e but-2-ino.

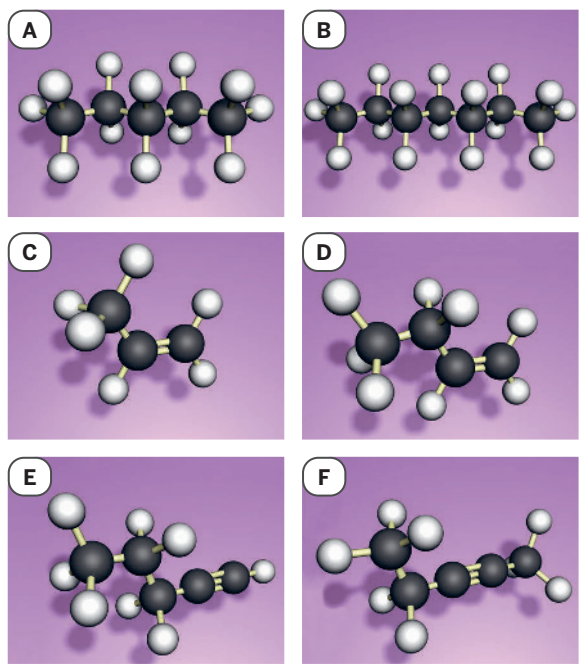
6. Quando um hidrocarboneto apresenta uma sequência de carbonos fechada (também denominada cíclica), emprega-se o prefixo "ciclo" para expressar isso na nomenclatura. Observe os exemplos a seguir e, com base neles, responda às perguntas.



a. Que fórmula estrutural representa o composto chamado ciclopentano?

b. E o composto chamado ciclopenteno?

7. Interprete os modelos moleculares mostrados a seguir e, para cada substância representada, elabore uma fórmula estrutural e um nome de acordo com as regras sistemáticas da IUPAC. Ao realizar esta atividade, lembre-se de utilizar também aquilo que aprendeu ao realizar as atividades anteriores.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

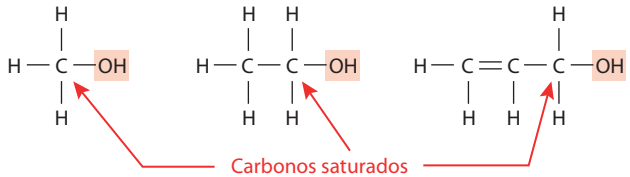
Modelos moleculares de seis hidrocarbonetos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

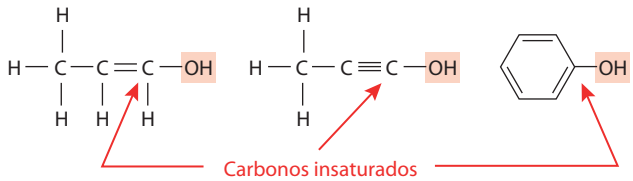
2. Álcoois

Os **álcoois** são uma classe funcional orgânica (isto é, um conjunto de compostos orgânicos) em que existe grupo hidroxila (— OH) covalentemente ligado a um átomo de carbono saturado, aquele que estabelece somente ligações simples. Se o grupo hidroxila estiver ligado a um carbono insaturado, aquele que estabelece ligação dupla ou tripla, o composto **não** é considerado um álcool.

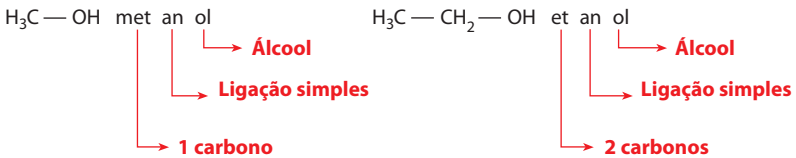
Assim, são exemplos de álcoois:



e não são exemplos de álcoois:



Dois exemplos de álcoois são o metanol ($H_3C — OH$) e o etanol ($H_3C — CH_2 — OH$), cujos modelos moleculares são mostrados na Figura 4. Nos nomes sistemáticos metanol e etanol, o sufixo "**ol**" indica se tratar de um álco**ol**.

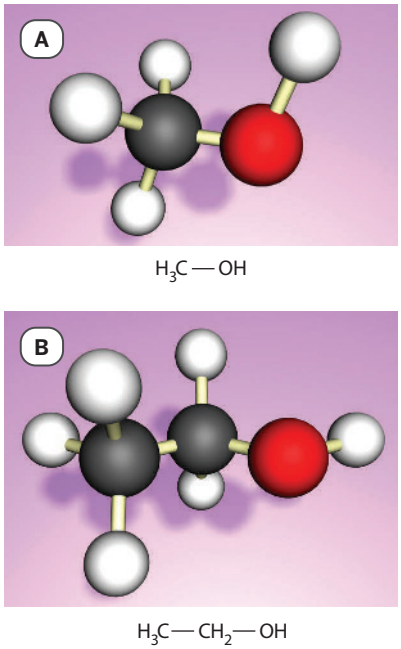


O metanol, nas condições ambientes, é um líquido incolor. Esse composto é extremamente tóxico. A ingestão de pequena quantidade, 30 mL ou menos, provoca morte. Quantidades ainda menores causam intoxicação severa e cegueira. Apesar de tóxico, o metanol é importante em laboratórios e indústrias, onde são adotados procedimentos apropriados para trabalhar com ele de forma segura.

O etanol, nas condições ambientes, também é um líquido incolor. É um composto tóxico, embora apresente toxicidade inferior à do metanol. É usado na desinfecção de mãos e de superfícies e também como combustível automotivo (Fig. 5). Para utilização como combustível, o etanol não é puro, mas contém pequena porcentagem de água determinada por lei, sendo chamado de etanol hidratado. O produto também recebe adição de substâncias, chamadas agentes desnaturantes, para impedir que esse álcool, denominado álcool desnaturado, seja usado para a fabricação de perfumes ou bebidas.

O etanol está presente nas bebidas alcoólicas, cujo consumo pode exercer efeitos terríveis sobre a saúde de um indivíduo. Elas são misturas contendo etanol, água e eventualmente outras substâncias que foram propositalmente adicionadas ou que devem sua presença ao modo como foram produzidas. Cada bebida alcoólica possui um teor diferente de etanol. No rótulo desses produtos, consta a graduação alcoólica expressa em porcentagem (em volume) de etanol na bebida.

Quando um indivíduo ingere bebida contendo etanol, rapidamente começa a absorção dessa substância pelo organismo. Se o estômago estiver vazio, ela ocorrerá cerca de seis vezes mais rápido do que se estiver cheio. A substância passa facilmente para a corrente sanguínea e, devido à total solubilidade em água, distribui-se por todas as partes do organismo.



$H_3C — OH$

$H_3C — CH_2 — OH$

Figura 4. Modelo molecular e fórmula estrutural de dois álcoois: (A) metanol, (B) etanol. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. No Brasil, o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é empregado como combustível em automóveis desde o final da década de 1970.

LEONIDAS SANTANA/SHUTTERSTOCK

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Existindo etanol no sangue, vapores do composto sairão no ar expirado, no qual a concentração do álcool será proporcional à concentração sanguínea. Assim, a concentração de etanol no ar expirado permite avaliar o estado de embriaguez da pessoa, princípio usado no etilômetro (popularmente, bafômetro).

Pequenas doses de etanol podem causar sensação de euforia. Doses um pouco maiores afetam seriamente o sistema nervoso e diminuem as funções cerebrais, fazendo com que a pessoa apresente instabilidade de humor, tonturas, náuseas e diminuição acentuada dos reflexos e da capacidade de avaliar situações e de tomar decisões. Doses ainda maiores conduzem ao coma alcoólico e à morte (Tabela 4). Quando o consumo da bebida alcoólica é rápido, é frequente acontecer de o indivíduo ainda estar com muito álcool no estômago quando desmaia. Mesmo inconsciente, o nível de etanol no sangue dessa pessoa continua a aumentar, podendo causar a morte.

Tabela 4. Alguns efeitos fisiológicos do etanol em função da concentração no sangue

Concentração de etanol no sangue (g/100 mL)	Efeito no ser humano
0,03 a 0,10	Perda de inibições, atenção comprometida, tempo de reação mais lento
0,09 a 0,25	Perda do julgamento crítico, comprometimento da percepção, da memória e da compreensão, acuidade visual prejudicada
0,18 a 0,30	Descontrole das emoções, visão borrada, desorientação, fala enrolada
0,25 a 0,40	Perda da coordenação motora, incapacidade de sentar ou andar, comprometimento da consciência
0,35 a 0,50	Inconsciência, depressão cardíaca e respiratória, coma, morte possível
acima de 0,60	Parada respiratória e morte

Fonte: RAJENDRAM, R.; HUNTER, R. J.; PREEDY, V. R. Alcohol: absorption, metabolism, and physiological effects. *In*: CABALLERO, B. (ed.). **Encyclopedia of Human Nutrition**. 4. ed. Cambridge: Academic Press/Elsevier, 2023. v. 2. p. 250.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

SAÚDE | CIDADANIA E CIVISMO | ODS 3

O etanol é uma **droga**. O texto do item 2 e a Tabela 4 descrevem brevemente os efeitos da **intoxicação aguda** causada por etanol, ou seja, as consequências adversas da ingestão que surgem nos minutos e horas seguintes ao consumo.

Além dos problemas sofridos pelo organismo, o fato de o etanol afetar processos cerebrais aumenta as chances de a pessoa alcoolizada se envolver em brigas e adotar comportamentos de risco, como dirigir embriagado, provocando acidentes graves de trânsito e mortes (Fig. 6).

ACERVO DO MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES/GOVERNO FEDERAL

Figura 6. Cartaz do Ministério dos Transportes referente ao Maio Amarelo. Esse movimento alerta para a grande quantidade de mortos e feridos no trânsito, em todo o mundo. No Brasil, as campanhas do Maio Amarelo acontecem há mais de uma década e envolvem sociedade, poder público e empresas privadas.

Outro risco se relaciona ao fato de algumas pessoas terem propensão para se tornar dependentes do etanol.

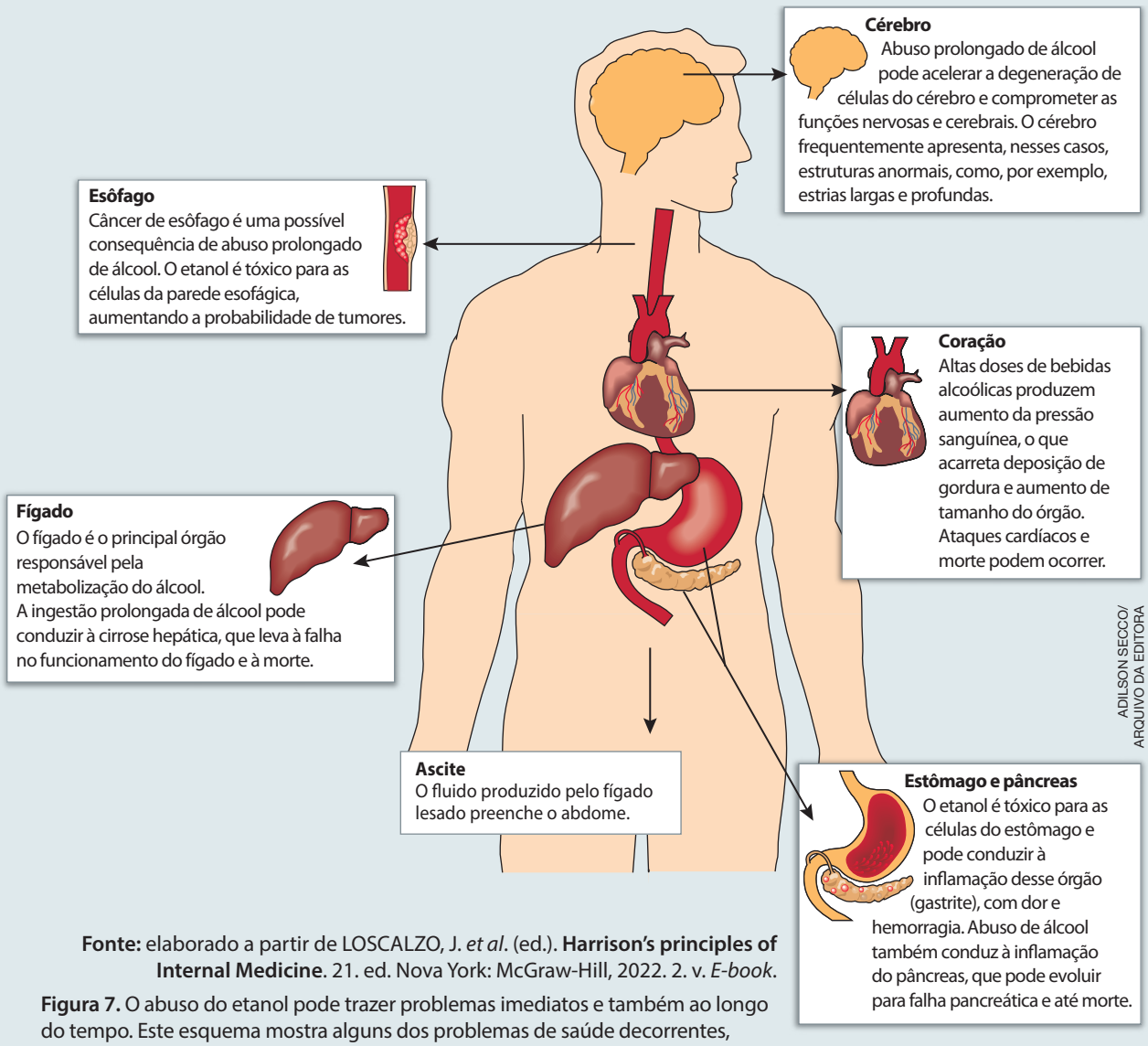
A atenção às questões sociais relacionadas ao consumo de bebidas alcoólicas é de responsabilidade de todos. Abolir o consumo de álcool entre menores de 18 anos e evitar o consumo exagerado e irresponsável por adultos são atitudes que contribuem para estabelecimento de uma **cultura de paz** na sociedade, não somente pela promoção de um trânsito seguro, mas também por propiciar um convívio pacífico entre as pessoas, com relações sociais livres de discussões, de violência física ou verbal e de outros transtornos potencializados pelo consumo de bebidas alcoólicas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CONTINUA

Além dos problemas decorrentes da intoxicação aguda, o consumo de etanol por longos períodos, seja a pessoa dependente dele ou não, pode provocar outros problemas de saúde, que são os efeitos da **intoxicação crônica** por etanol, entre eles doenças cardíacas e lesões no fígado.

O esquema da Figura 7 relaciona alguns dos possíveis problemas de saúde, entre os quais está a deposição de gordura no fígado e a hepatite alcoólica, uma inflamação do fígado provocada pelo etanol. Ambos os problemas podem regredir se o consumo cessar e uma boa dieta alimentar for retomada. No entanto, se o consumo prosseguir, existe a possibilidade de se desenvolver uma cirrose hepática, que é um acúmulo de proteínas fibrosas no fígado e que interferem em seu funcionamento. Como esse é o órgão responsável por muitas reações químicas fundamentais à desintoxicação do organismo e à sobrevivência, a cirrose hepática pode ser fatal.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado a partir de LOSCALZO, J. *et al*. (ed.). **Harrison's principles of Internal Medicine**. 21. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2022. 2. v. *E-book*.

Figura 7. O abuso do etanol pode trazer problemas imediatos e também ao longo do tempo. Este esquema mostra alguns dos problemas de saúde decorrentes, **a médio e longo prazo**, do abuso de álcool. (Representação de alguns órgãos internos do organismo humano, fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Além das informações aqui apresentadas, pesquisem outras a respeito dos malefícios do consumo de etanol e produzam um vídeo que os esclareça à comunidade. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.) Incluam **propostas** que ajudem a conscientizar as pessoas e a evitar os problemas associados a essa droga.

Incluam no vídeo informações sobre entidades locais que auxiliam dependentes do etanol a conseguirem superar a compulsão pelo consumo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

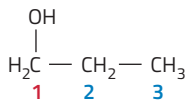
Registre as respostas em seu caderno.

8. O etanol é um álcool que apresenta dois átomos de carbono na molécula.

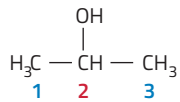
a. O que significa a palavra **álcool** na Química Orgânica?

b. Elabore uma fórmula estrutural que represente adequadamente o etanol.

9. Os nomes metanol e etanol designam álcoois com um e dois átomos de carbono na molécula, respectivamente. Já com três átomos de carbono, existem dois álcoois, chamados propan-1-ol e propan-2-ol, cujas fórmulas estruturais são mostradas a seguir. O número antes do sufixo "ol" indica o átomo de carbono a que a hidroxila está ligada. Com finalidade de nomenclatura desses álcoois, a numeração dos átomos de carbono é realizada a partir da extremidade mais próxima daquele ligado à hidroxila.



propan-1-ol



propan-2-ol

a. Por que não existe propan-3-ol?

b. Elabore a fórmula estrutural do butan-1-ol e a do butan-2-ol.

10. Analise os modelos moleculares apresentados a seguir. Utilizando o que estudou e as informações apresentadas na atividade anterior, elabore uma fórmula estrutural e um nome que represente adequadamente essas duas substâncias.

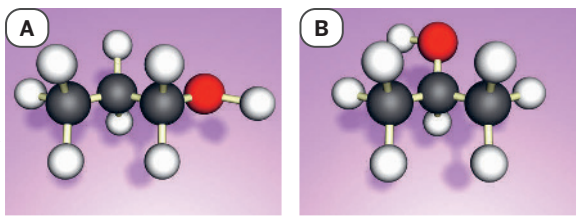
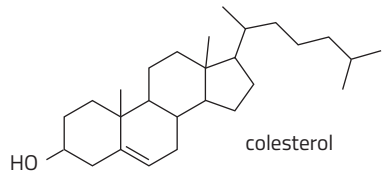


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Modelos moleculares de dois álcoois. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

11. O colesterol é uma substância existente em nosso sangue e nos nossos tecidos, sendo um dos constituintes da membrana plasmática que envolve nossas células. A maior parte desse colesterol é sintetizada internamente pelo corpo; outra parte vem de determinados alimentos, por exemplo, carnes, queijos e ovos. O excesso de colesterol na corrente sanguínea pode acarretar problemas de saúde como a obstrução de artérias, que conduz a infarto do miocárdio ("ataque cardíaco") e acidente vascular cerebral ("derrame" isquêmico). Analisando a fórmula estrutural do colesterol, apresentada a seguir, uma estudante disse se tratar de um álcool. A classificação feita pela estudante está correta? Por quê?



12. (Enem) Analise a figura.

12. d

Gráfico cujo estabelecimento do título é o objeto dessa questão

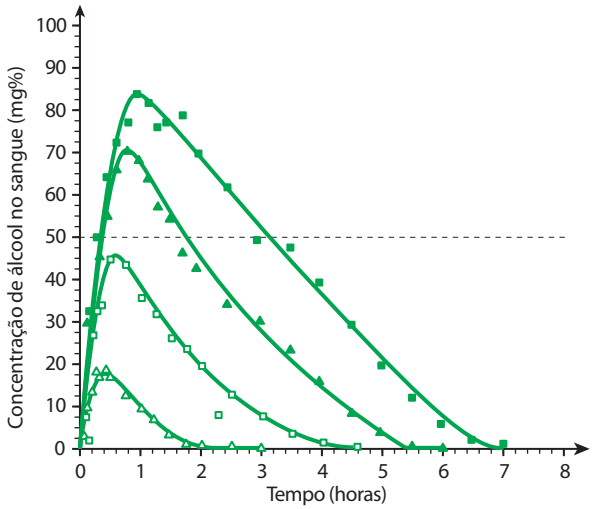


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: WILKINSON, P. K. *et al*. *apud* SHINAR, D. **Traffic safety and human behavior**. 2. ed. Bingley: Emerald Publishing, 2017. p. 566.

Supondo que seja necessário dar um título para essa figura, a alternativa que melhor traduziria o processo representado seria:

a. Concentração média de álcool no sangue ao longo do dia.

b. Variação de frequência da ingestão de álcool ao longo das horas.

c. Concentração mínima de álcool no sangue a partir de diferentes dosagens.

d. Estimativa de tempo necessário para metabolizar diferentes quantidades de álcool.

e. Representação gráfica da distribuição de frequência de álcool em determinada hora do dia.

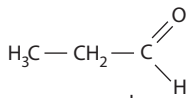
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Aldeídos

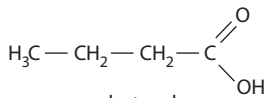
O metanal e o etanal (Fig. 8) pertencem à classe funcional dos **aldeídos**, que se caracterizam pela presença na molécula de um grupo de átomos abreviadamente representado por —CHO. Esse grupo consiste em um átomo de carbono ligado a um átomo de oxigênio, por ligação dupla, e ligado a um átomo de hidrogênio, por ligação simples. Na nomenclatura sistemática, o sufixo "**al**" é empregado para indicar que se trata de um **al**deído.

O metanal é um líquido tóxico e de cheiro irritante, cuja solução aquosa (conhecida como formol) é usada na conservação dos tecidos de animais e corpos humanos para estudos em Biologia e Medicina, e na fabricação de materiais sintéticos usados no revestimento de móveis. O etanal é produzido quando o organismo humano metaboliza o etanol, sendo em parte responsável pelas náuseas decorrentes da intoxicação por bebidas alcoólicas.

Outros exemplos de aldeídos são:

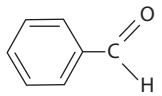


propanal

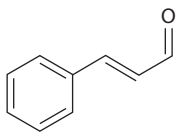


butanal

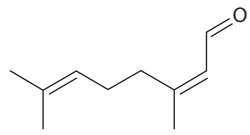
Alguns aldeídos possuem odor agradável e são empregados como aditivos de alimentos ou de perfumes. Entre eles estão o benzaldeído, que tem cheiro de amêndoas, o cinamaldeído (ou aldeído cinâmico), substância responsável pelo aroma de canela, e o citral, um dos responsáveis pelo odor natural dos limões.



benzaldeído (cheiro de amêndoas)

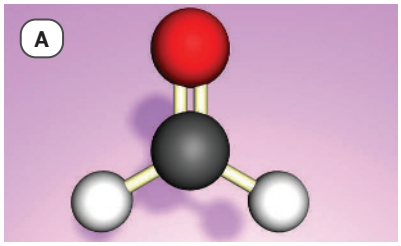


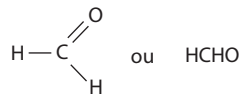
cinamaldeído (odor de canela)

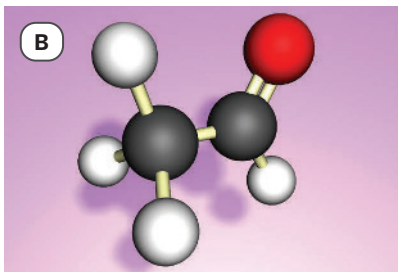


citral (aroma de limão)

Existem regras sistemáticas da IUPAC para fazer a nomenclatura desses compostos de estrutura mais complexa, não apenas de aldeídos como de outros tipos de compostos orgânicos. Tais regras, contudo, não são de nosso interesse neste capítulo.







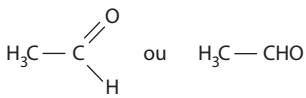


Figura 8. Modelo molecular e fórmula estrutural de dois aldeídos: (A) metanal, (B) etanal. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

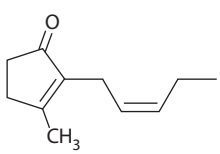
4. Cetonas

A substância de nome trivial acetona (Fig. 9.A) é um líquido incolor, altamente inflamável e de odor característico. Seus vapores podem causar irritação nos olhos, nariz e garganta, dor de cabeça e tontura. Só deve ser utilizada em local muito bem ventilado e longe de chamas e faíscas.

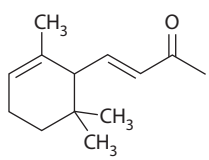
O nome da acetona, de acordo com as regras sistemáticas da IUPAC, é propanona. Ela pertence à classe funcional das **cetonas**, substâncias em que o grupo $>C=O$ (denominado carbonila) está ligado a dois átomos de carbono.

Outro exemplo de cetona é a butanona (Fig. 9.B). Nesses nomes, propanona e butanona, o sufixo "**ona**" indica a classe funcional cet**ona**.

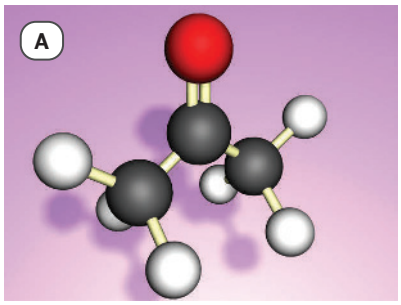
Diversas substâncias que dão aroma a flores e frutos pertencem à classe funcional das cetonas, como é o caso da jasmona, que confere odor aos jasmins, e da α-ionona, um dos responsáveis pela fragrância das violetas.

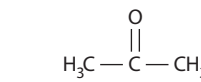


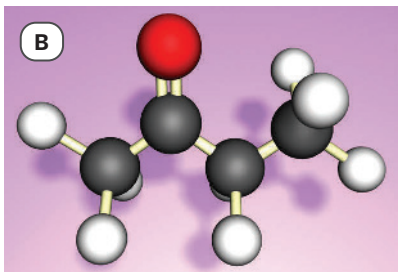
jasmona (odor de jasmim)



α-ionona (aroma de violeta)







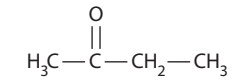


Figura 9. Modelo molecular e fórmula estrutural de duas cetonas: (A) propanona (ou acetona), (B) butanona. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

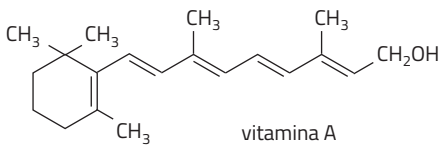
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

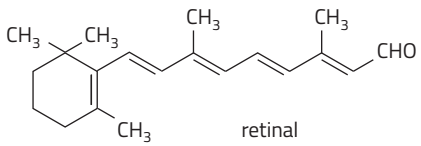
Registre as respostas em seu caderno.

13. Propanal e propanona têm a mesma fórmula molecular (C_3H_6O), mas são compostos distintos. Elabore a fórmula estrutural desses compostos e explique que característica estrutural de cada molécula faz com que os químicos considerem o propanal um aldeído e a propanona uma cetona.

14. A presença da vitamina A na alimentação é importante porque, entre outras coisas, ela está relacionada à manutenção da visão. Dentro do organismo, essa vitamina se converte em retinal, que participa de um conjunto de reações químicas que ocorrem nos olhos e que são responsáveis pelas informações visuais que são emitidas para o cérebro. As fórmulas estruturais da vitamina A e do retinal aparecem a seguir:



vitamina A

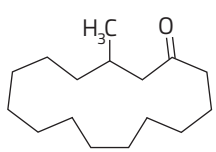


retinal

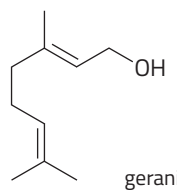
a. A vitamina A é um hidrocarboneto, um álcool ou um aldeído? Explique.

b. O retinal é um hidrocarboneto, um álcool ou um aldeído? Explique.

15. Durante uma pesquisa na internet sobre substâncias utilizadas na elaboração de perfumes, uma estudante encontrou as seguintes fórmulas estruturais:



muscona
(aroma de almíscar)

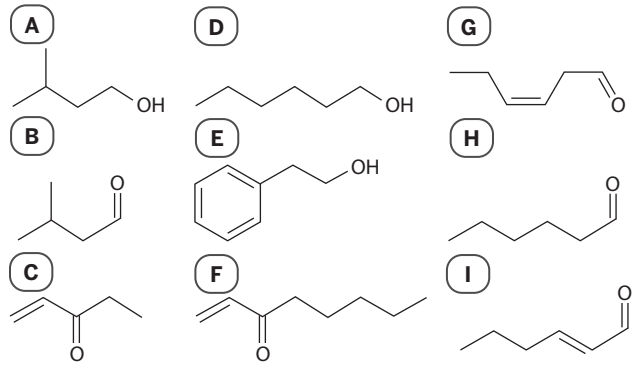


geraniol
(aroma de rosas)

Ela concluiu que a muscona pertence à classe funcional cetona, e o geraniol, à classe funcional álcool. A conclusão dela está correta? Explique.

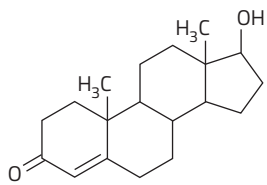
16. Ainda sobre a situação envolvida na atividade anterior, a estudante deduziu que o número de átomos de hidrogênio na molécula de muscona é maior que na molécula de geraniol. Verifique se essa dedução é correta e explique por quê.

17. Os aromas dos tomates e dos molhos elaborados com esses frutos devem-se a diversas substâncias, das quais algumas estão representadas a seguir.

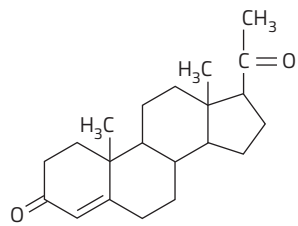


Usando como critério a classe funcional, como essas moléculas podem ser agrupadas? Explique.

18. A testosterona é um hormônio sexual masculino, responsável, entre outros efeitos, pelo aparecimento de características sexuais secundárias (modificação da voz, aumento da massa muscular, crescimento de pelos no rosto e na região genital). Já a progesterona é um hormônio sexual feminino relacionado, entre outros aspectos, à preparação do útero para a gravidez.



testosterona



progesterona

Compare a testosterona e a progesterona quanto aos seguintes quesitos:

a. classes funcionais;

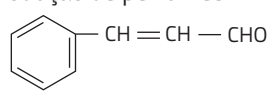
b. número de átomos de carbono na molécula;

c. número de átomos de hidrogênio na molécula;

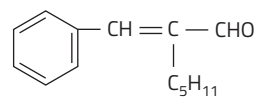
d. existência de anel benzênico na molécula.

19. (UERJ) As fragrâncias características dos perfumes são obtidas a partir de óleos essenciais. Observe as estruturas químicas de três substâncias comumente empregadas na produção de perfumes:

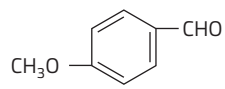
19. d



fragrância de canela



fragrância de jasmim



fragrância de espinheiro-branco

O grupo funcional comum às três substâncias corresponde à seguinte função orgânica:

a. éter. **b.** álcool. **c.** cetona. **d.** aldeído.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

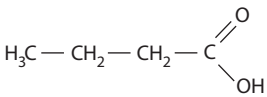
5. Ácidos carboxílicos

OBJETO DIGITAL Vídeo: Ácidos orgânicos no cotidiano

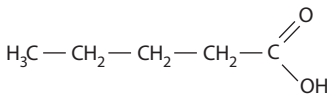
Os **ácidos carboxílicos** se caracterizam pelo grupo carboxila, abreviadamente representado por —COOH. Exemplos são o ácido metanoico (Fig. 10.A), responsável pelo ardor da picada de certas formigas, e o ácido etanoico (Fig. 10.B), que confere aroma e acidez ao vinagre.

Note, nas estruturas dos ácidos metanoico e etanoico (Fig. 10), que o grupo —COOH contém um átomo de carbono que se liga, por ligação dupla, a um átomo de oxigênio e, por ligação simples, a um grupo —OH.

A terminação "**oico**" nesses nomes, metanoico e etanoico, é indicativa de acid**o** carboxíl**ico**. Diversas substâncias que pertencem a essa classe funcional têm odores fortes, por exemplo, o ácido butanoico, responsável pelo cheiro de manteiga rançosa, e o ácido pentanoico, presente em algumas variedades de queijos como o gorgonzola e o *roquefort*.

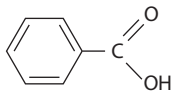


ácido butanoico



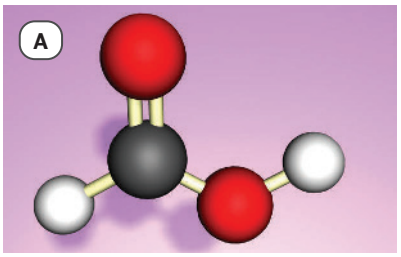
ácido pentanoico

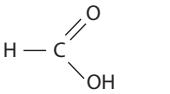
Um ácido carboxílico de relevância para os estudos iniciais de Química e que convém mencionarmos aqui é o ácido benzoico:



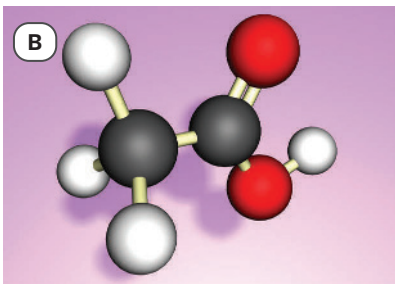
ácido benzoico

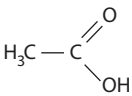
Os nomes triviais de alguns ácidos carboxílicos fazem alusão à sua origem, por exemplo, ácido fórmico (do latim *formica*, "formiga"), ácido acético (do latim *acetum*, "vinagre") e ácido butírico (do latim *boutyron*, "manteiga"), denominações que se referem, respectivamente, aos ácidos metanoico, etanoico e butanoico.





ou HCOOH





ou $H_3C-COOH$

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 10. Modelo molecular e fórmula estrutural de dois ácidos carboxílicos: (A) ácido metanoico, (B) ácido etanoico. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

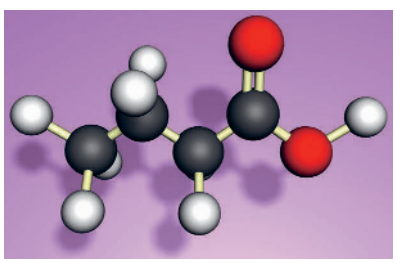
Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

20. Interprete o modelo molecular mostrado a seguir e elabore uma fórmula estrutural e um nome (de acordo com as regras sistemáticas da IUPAC) que representem adequadamente essa substância.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



Modelo molecular de um ácido carboxílico. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

21. Qual o nome do composto orgânico presente no vinagre? Escreva sua fórmula estrutural.

22. Bodes e cabras possuem um odor muito desagradável. Os responsáveis por isso são três ácidos, que, quando descobertos, receberam os nomes de "caproico", "caprílico" e "cáprico". Os nomes sistemáticos IUPAC desses ácidos são, respectivamente, hexanoico, octanoico e decanoico. Represente as fórmulas estruturais de cada um deles.

23. A substância usualmente conhecida como ácido pelargônico é encontrada em uma planta do gênero *Pelargonium*. O nome se origina da palavra grega *pelargos*, que significa cegonha, uma vez que essa planta apresenta cápsulas cuja forma lembra uma cegonha.

De acordo com as regras sistemáticas da IUPAC, o ácido pelargônico deve ser denominado ácido nonanoico. Nesse nome, o prefixo **non** indica nove átomos de carbono.

Para esse composto, escreva:

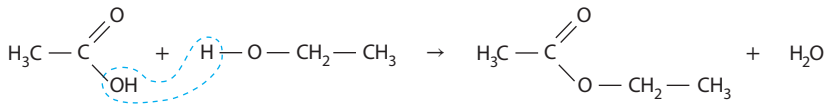
a. a fórmula estrutural;

b. a fórmula molecular.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Ésteres

Os **ésteres** são compostos orgânicos que podem ser considerados derivados de ácidos e álcoois. O etanoato de etila (Fig. 11), ou acetato de etila, usado para imitar artificialmente aroma de maçã, é o éster derivado do ácido etanoico e do etanol. Sua produção é realizada (em condições adequadas de pressão, temperatura e catálise) mediante a **reação de esterificação** assim equacionada:



ácido etanoico (ou ácido acético) — **ácido carboxílico**

etanol — **álcool**

etanoato de etila (ou acetato de etila) — **éster**

O tracejado azul salienta, com finalidade didática, que a produção de água se dá a partir de átomos dos elementos químicos hidrogênio e oxigênio dos grupos funcionais ácido carboxílico e álcool, e a união dos fragmentos orgânicos restantes forma a molécula do produto orgânico, o éster.

Misturas de ésteres são responsáveis pelos aromas naturais de muitos frutos. Industrialmente, alguns compostos dessa classe funcional são utilizados com a finalidade de imitar artificialmente aroma de frutas em balas, doces e até em xampus e outros produtos de higiene.

Ésteres derivados tanto de ácidos carboxílicos quanto de álcoois que apresentam cadeia carbônica longa (isto é, sequência de doze ou mais átomos do elemento químico carbono na molécula) são constituintes das ceras naturais (Fig. 12) e podem também ser produzidos artificialmente (Fig. 13).

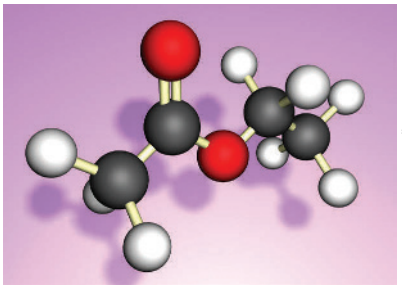
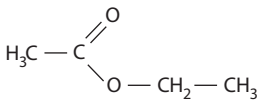


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



ou

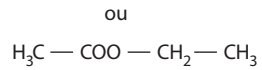
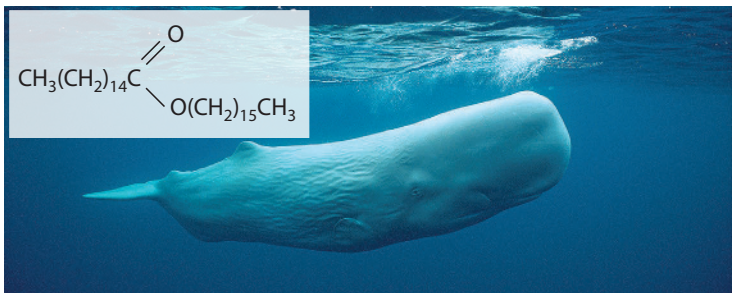


Figura 11. Modelo molecular e fórmula estrutural do éster chamado etanoato de etila, ou acetato de etila. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

VALENTINA PROSKURINA/SHUTTERSTOCK

Figura 12. A cera que compõe os favos das colmeias é constituída por ésteres de cadeias carbônicas longas, tanto na parte proveniente do ácido carboxílico quanto na parte proveniente do álcool. Esses ésteres são sólidos à temperatura ambiente. (Abelha *Apis mellifera* de comprimento 15 mm.)



HIROYA MINAKUCHI/MINDEN PICTURES/FOTOARENA

Figura 13. No passado, grandes populações de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) foram dizimadas para extração de cera usada na indústria de cosméticos. Hoje, sabe-se que um dos principais constituintes dessa cera (fórmula em destaque) pode ser produzido industrialmente por meio de uma reação de esterificação.

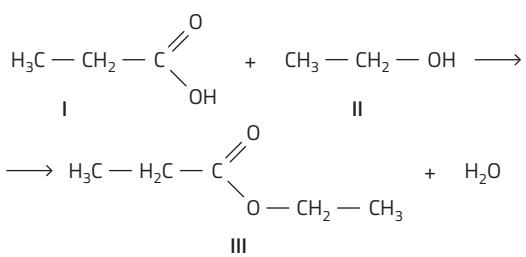
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

24. (Unirio-RJ) A seguir é representada uma reação química em que compostos de diferentes funções orgânicas tomam parte:



Os compostos orgânicos I, II e III pertencem, respectivamente, às seguintes funções orgânicas:

24. e

a. aldeído, álcool, éter.

b. aldeído, ácido carboxílico, éster.

c. ácido carboxílico, aldeído, éster.

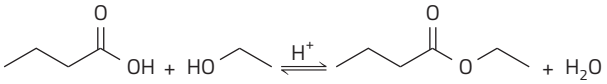
d. ácido carboxílico, aldeído, éter.

e. ácido carboxílico, álcool, éster.

CONTINUA

25. (UERJ) Um produto industrial consiste na substância orgânica formada no sentido direto do equilíbrio químico representado pela seguinte equação:

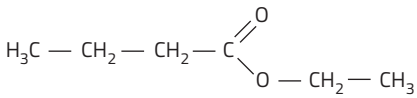
25. a



A função orgânica desse produto é:

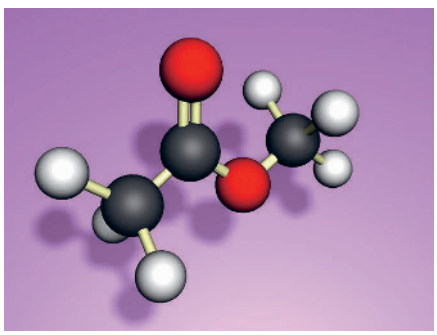
a. éster
b. cetona
c. aldeído
d. hidrocarboneto

26. Uma indústria química produzirá o éster cuja fórmula estrutural está a seguir, usado como aromatizante artificial de abacaxi. A síntese será realizada por reação de esterificação, similar à apresentada no texto do capítulo. Represente as fórmulas estruturais do ácido carboxílico e do álcool que devem ser usados como matérias-primas.



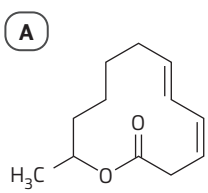
27. O modelo molecular mostrado a seguir representa um determinado éster. Analise o modelo e, com base nessa análise, proponha um nome adequado para esse composto orgânico.

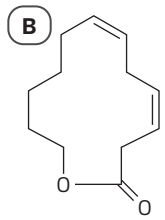
ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

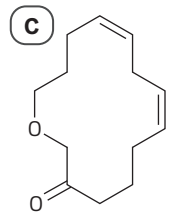


Modelo molecular de um éster.
(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

28. Uma das maneiras de evitar que determinados insetos ataquem plantações agrícolas ou grãos estocados é usar armadilhas que contêm substâncias cujo aroma os atraia. Em uma pesquisa a esse respeito, cientistas ingleses descobriram que as três substâncias cujas fórmulas são mostradas a seguir podem ser empregadas para atrair besouros que atacam trigo estocado em celeiros. Analise as fórmulas e determine quais são ésteres. Justifique.

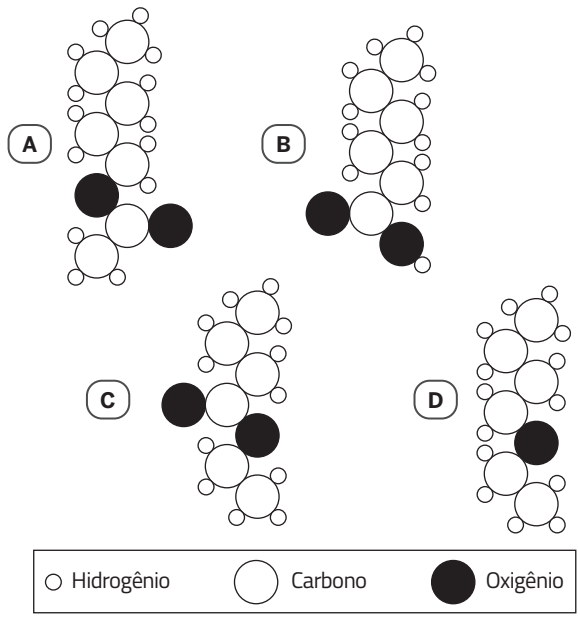






29. (Fuvest-SP) Dentre as estruturas a seguir, duas representam moléculas de substâncias, pertencentes à mesma função orgânica, responsáveis pelo aroma de certas frutas.

29. d



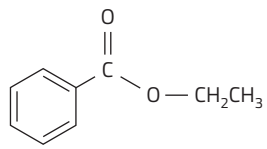
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Essas estruturas são:

a. A e B.
b. B e C.
c. B e D.
d. A e C.
e. A e D.

30. (Enem) A própolis é um produto natural conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes. Esse material contém mais de 200 compostos identificados até o momento. Dentre eles, alguns são de estruturas simples, como é o caso do $C_6H_5CO_2CH_2CH_3$, cuja estrutura está mostrada a seguir.

30. a



O ácido carboxílico e o álcool capazes de produzir o éster em apreço por meio da reação de esterificação são, respectivamente,

a. ácido benzoico e etanol.
b. ácido propanoico e hexanol.
c. ácido fenilacético e metanol.
d. ácido propiônico e cicloexanol.
e. ácido acético e álcool benzílico.

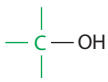
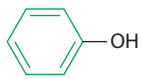
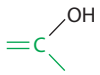
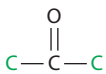
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

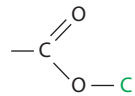
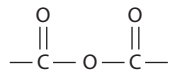
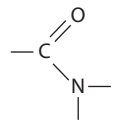
7. Principais classes funcionais orgânicas

Os compostos orgânicos apresentam propriedades muito diversificadas. Para estudá-las, uma das sistematizações feitas consiste na divisão em categorias, as **classes funcionais orgânicas** (que alguns chamam de **funções orgânicas**), cujos membros apresentam propriedades químicas similares.

Para considerar que determinado composto pertence a uma classe funcional orgânica, deve existir, em sua molécula, o **grupo funcional** característico dessa classe. Um grupo funcional é constituído por um átomo ou grupo de átomos (Quadro 1) cuja presença determina as propriedades típicas de uma classe funcional.

Quadro 1. Grupos funcionais de algumas classes funcionais orgânicas

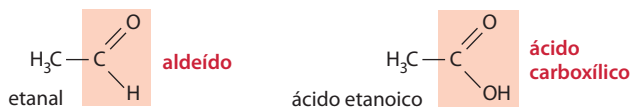
Classe funcional	Grupo funcional
hidrocarboneto	somente C e H
haleto	— F — Cl — Br — I
álcool	
fenol	
enol	
éter	C — O — C
aldeído	
cetona	
ácido carboxílico	

Classe funcional	Grupo funcional
éster	
anidrido	
amida	
nitrocomposto	$-NO_2$
amina	$-NH_2$ $-NH-$ $-N-$
nitrila	—CN
ácido sulfônico	$-SO_3H$
tiol	—SH
sulfeto	C — S — C
organometálico	metal ligado diretamente a átomo de carbono

Fonte: MCMURRY, J. **Organic Chemistry**. 10. ed. Houston: Openstax/Rice University, 2023. p. 73-75.

O que está em verde corresponde à vizinhança necessária para o grupo funcional caracterizar a classe funcional.

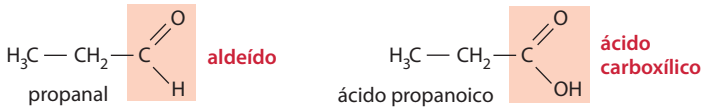
Os hidrocarbonetos, os álcoois, os aldeídos, as cetonas, os ácidos carboxílicos e os ésteres, já estudados neste capítulo, são exemplos de classes funcionais. Considere o etanal e o ácido etanoico:



Embora as fórmulas estruturais não sejam muito diferentes (o ácido etanoico apresenta um átomo de oxigênio a mais), verifica-se experimentalmente que suas propriedades químicas são bem distintas. O etanal reage com permanganato de potássio e não reage com bicarbonato de sódio. Já o ácido etanoico não reage com permanganato de potássio, mas reage com bicarbonato de sódio. Consultando o Quadro 1, podemos concluir que as moléculas dessas duas substâncias apresentam grupos funcionais diferentes e, portanto, pertencem a classes funcionais distintas: o etanal é um aldeído e o ácido etanoico é um ácido carboxílico.

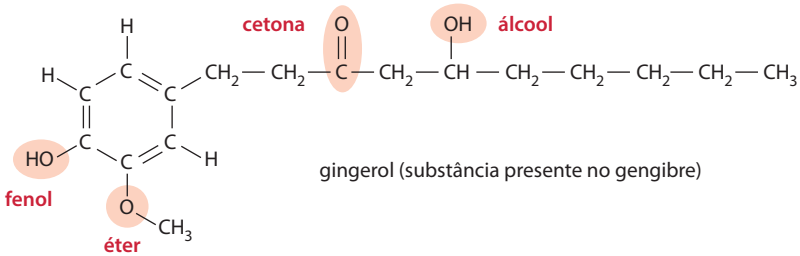
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Consideremos, agora, as substâncias propanal e ácido propanoico:



Verifica-se que o propanal apresenta propriedades químicas similares às do etanal, enquanto o ácido propanoico tem propriedades químicas semelhantes às do ácido etanoico. Isso é consistente com o fato de o propanal ser um aldeído e o ácido propanoico ser um ácido carboxílico.

Uma substância pode apresentar grupos funcionais característicos de mais de uma classe funcional. Para exemplificar, consideremos o gingerol, substância que existe no gengibre:



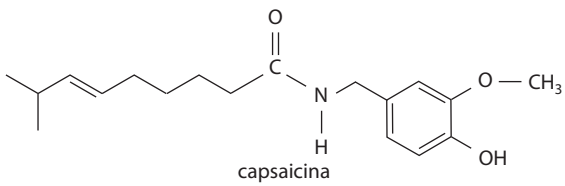
gingerol (substância presente no gengibre)

Consulte o Quadro 1 para confirmar cada uma dessas indicações. O átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono caracteriza a classe funcional éter. A presença de um grupo hidroxila, —OH, ligado covalentemente a um átomo de carbono pode caracterizar diferentes classes funcionais, entre elas **álcool** (se o átomo de carbono for saturado, isto é, estabelecer apenas ligações simples) e **fenol** (se o átomo de carbono pertencer a um anel benzênico). Um dos grupos funcionais hidroxila presentes na molécula de gingerol, o que está ligado a um átomo de carbono saturado, caracteriza a classe funcional álcool, e outro, ligado ao anel benzênico, caracteriza a classe funcional fenol. O agrupamento de átomos denominado carbonila, $>C=O$, está presente em diferentes classes funcionais (confira no Quadro 1). No caso da molécula de gingerona, ele está posicionado entre dois átomos de carbono, o que caracteriza a classe funcional cetona.

TIM UR/SHUTTERSTOCK

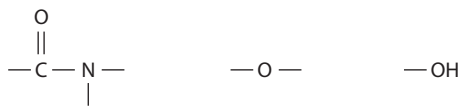
Figura 14. A capsaicina, substância responsável pela sensação picante de pimentas como as da foto (*Capsicum frutescens*, popularmente conhecida como pimenta-malagueta), pertence a três classes funcionais diferentes: fenol, éter e amida.

Um outro exemplo de composto pertencente a mais de uma classe funcional é o da substância chamada capsaicina (Fig. 14), presente em diversas pimentas:

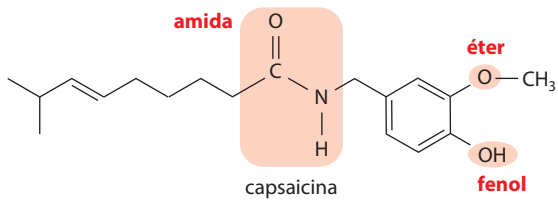


capsaicina

Quando um químico orgânico observa uma fórmula como essa, três trechos da molécula imediatamente chamam a sua atenção:



Cada um desses trechos revela ao químico orgânico que a capsaicina apresenta certas propriedades químicas. Esses trechos são denominados, conforme já comentamos, grupos funcionais. Na molécula em questão há grupos funcionais característicos de três classes funcionais químicas diferentes, amida, éter e fenol, conforme indicado na estrutura a seguir:



capsaicina

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

ESTRATÉGIA DE ESTUDO *Flashcards*

Memorização não é, de forma alguma, garantia de aprendizado. Contudo, em muitos contextos, o aprendizado pode envolver memorização. E, frequentemente, ocorre memorização como consequência do aprendizado.

Considere, por exemplo, uma estudante universitária que esteja cursando Odontologia, Enfermagem ou Medicina. Ela deve aprender diversos conceitos sobre o funcionamento do organismo humano. Algumas das coisas mais básicas que ela precisa saber, para prosseguir no aprendizado, são os nomes de estruturas como ossos, músculos, artérias, veias, tecidos e órgãos. Também é necessário conhecer sintomas de doenças, suas causas e tratamentos. Esses termos técnicos também devem ser aprendidos porque serão usados na comunicação com colegas profissionais. Outro exemplo, uma estudante de Direito precisa conhecer conceitos jurídicos, direitos e deveres constitucionais, aspectos de diversas leis fundamentais e as terminologias que utilizará ao exercer a advocacia.

Como facilitar a memorização quando ela é de fato necessária?

Uma técnica é elaborar e utilizar ***flashcards***, expressão que vem de duas palavras do inglês: *flash*, rápido, e *card*, cartão. Um *flashcard* é um cartão que contém informações dos dois lados, a da frente está relacionada à do verso. Por exemplo:

- um lado pode conter o nome de um conceito e o outro lado, a definição desse conceito;
- na frente de um cartão pode estar o desenho ou a foto de uma estrutura do corpo humano e, no verso dele, o nome e a função dela;
- de um lado pode estar uma pergunta e do outro, a resposta;
- a frente pode conter uma palavra ou expressão em outro idioma e o verso, a tradução.

Um maço de cartões sobre um tema serve para estudar e revisar periodicamente as informações neles contidas. Inicialmente, para se habituar com o assunto, o estudante lê os dois lados dos cartões, repassando-os algumas vezes. Depois dessas repetições, a ideia é ler apenas a frente de cada cartão e, antes de virá-lo, dizer o que está no verso; só então ele é virado para conferir a resposta. Em uma etapa seguinte, repete-se o procedimento, mas olhando o verso para dizer o que está na frente.

Para realizar revisões periódicas do conteúdo, o maço é embaralhado e toda essa operação se repete. A periodicidade com que essas revisões devem ser feitas depende do grau de dificuldade do conteúdo e do avanço do aprendizado.

Você percebe como essa técnica pode ser utilizada no estudo deste capítulo de Química? Você pode colocar o nome das classes funcionais de um lado dos cartões e o respectivo grupo funcional no verso. Também pode desenhar fórmulas estruturais orgânicas na frente e, no verso, escrever os nomes das respectivas substâncias químicas (Fig. 15).

O ato de fazer esses cartões já é, por si, uma atividade de estudo. Além disso, ao elaborá-los, você pode utilizar cores, formas e outros recursos visuais, pois auxiliam na retenção da informação.

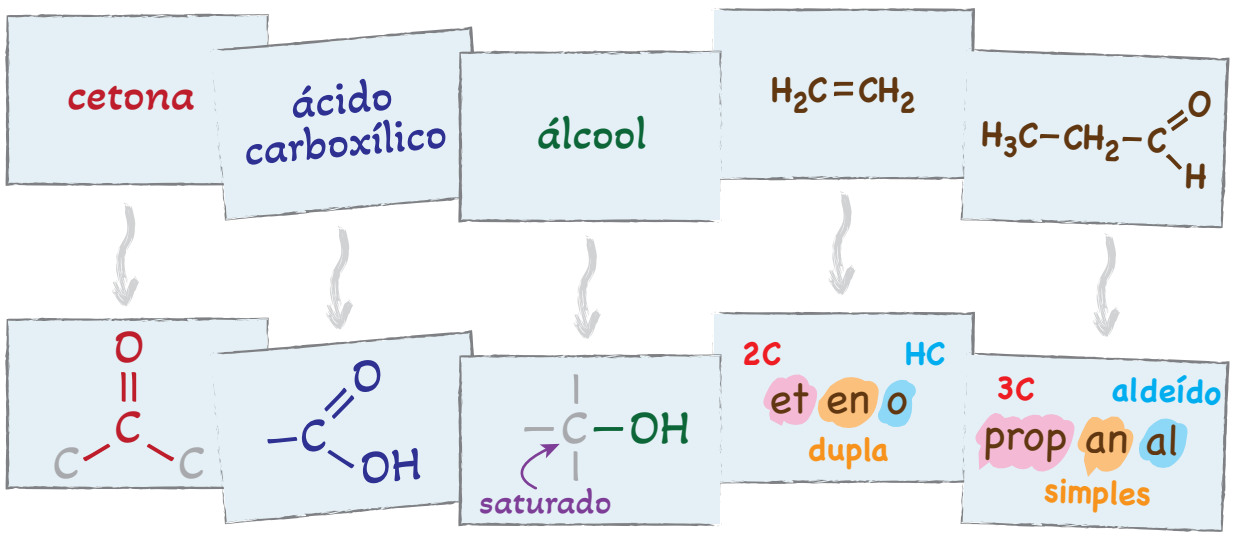


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 15. Exemplos de possíveis *flashcards* para o estudo de conteúdos deste capítulo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

CIÊNCIA E TECNOLOGIA ODS 4

Na computação, existe um método de análise e classificação de dados chamado **aprendizado de máquina** (Figura 16), também conhecido pelo termo em inglês *machine learning*.

Esse método utiliza programas de computador com algoritmos que podem modificar seu comportamento de acordo com entradas de novos dados, aumentando sua capacidade de fazer previsões corretas à medida que mais dados são fornecidos ao programa e são por ele analisados.

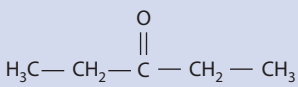
Assim, um conjunto de dados amostrais serve como base de comparação para que o programa classifique dados futuramente coletados.

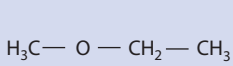
HISPANOLISTIC/GETTY IMAGES

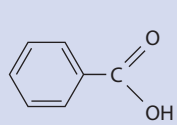
Figura 16. Um exemplo de aplicação de aprendizado de máquina ocorre em aplicativos de navegação inteligente, que comparam trajetos possíveis e, considerando as condições de tráfego no momento, sugerem o mais rápido.

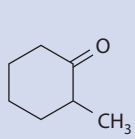
Imagine que você foi convidado por um grupo de cientistas da computação para reunir dados amostrais para um programa cujo objetivo é a classificação de moléculas nas respectivas classes funcionais orgânicas a partir da análise de suas fórmulas estruturais.

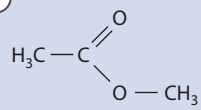
I. Seu trabalho é classificar as moléculas a seguir de acordo com as classes funcionais para que o programa possa, futuramente, identificar os padrões estabelecidos por essa amostra que você classificou.

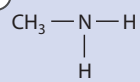
1 

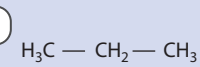
2 

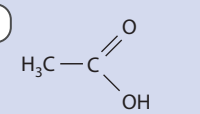
3 

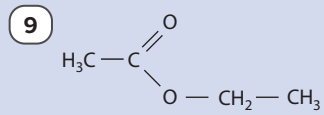
4 

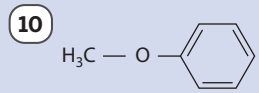
5 

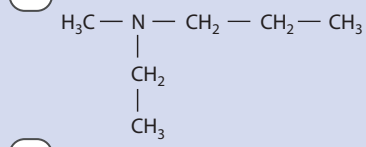
6 

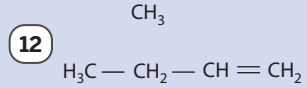
7 

8 

9 

10 

11 

12 

II. Após a conclusão do trabalho pelo grupo de cientistas da computação, um usuário percebeu que o programa não dava nenhuma resposta quando fórmulas de aldeídos, amidas e álcoois eram inseridas como entrada. Você precisa, então, enviar um relatório ao grupo para que os cientistas possam alimentar o programa com mais dados amostrais. Redija esse relatório explicando detalhadamente como reconhecer aldeídos, amidas e álcoois a partir de suas fórmulas estruturais. Insira pelo menos três exemplos para cada uma dessas classes funcionais.

III. Caso você, nesse relatório ao grupo de cientistas, desejasse ampliar a base de dados para incluir outras classes funcionais não contempladas até então, que classes funcionais você sugeriria? Dê pelo menos três exemplos de cada uma.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Viés algorítmico

OBJETO DIGITAL *Podcast*: Algoritmos das redes sociais

Na atividade proposta na seção *Dialogando com o texto* anterior, comentamos que computadores que rodam programas com algoritmos de aprendizado de máquina requerem uma **grande quantidade de dados para treinamento**. Após esse treinamento, a eficiência da atuação da máquina (por exemplo, em reconhecimento facial, classificação de fotos, elaboração de textos, criação de imagens e atendimento a clientes humanos) dependente da qualidade e da quantidade dos dados empregados.

Em última análise, quem treina a inteligência artificial são seres humanos, pois eles decidem que tipo de material será fornecido para o treinamento.

Digamos que a finalidade de um aplicativo de inteligência artificial seja analisar imagens e descrevê-las em áudio. Imagine que a foto de um porquinho rosado seja confundida com a de um pêssego. Pode parecer só um erro inocente e que não traz problemas. Mas vamos refletir um pouco mais. E se alguém segurando uma ferramenta for descrito como se estivesse portando uma arma? E se um reconhecimento facial (Fig. 17) não identificar uma face como humana e não permitir acesso a uma conta bancária ou a um local de trabalho? E se um indivíduo for confundido com um criminoso procurado? E se uma pessoa for confundida com um animal e essa confusão tiver uma conotação discriminatória? E se o **seu rosto** for confundido com algo engraçado e você virar um meme da internet?

Outro exemplo: uma grande empresa decidiu treinar uma inteligência artificial para analisar currículos de candidatos a empregos e selecionar quem deve ser contratado. Imagine que, para o treinamento, o computador tenha recebido informações de todas as contratações anteriores da empresa. Parece bom, certo?

Não necessariamente. Se as contratações anteriores não valorizavam a diversidade na empresa, os currículos selecionados terão um **viés algorítmico** (uma tendência) resultante dos dados empregados no treinamento. Um caso assim aconteceu em uma das maiores corporações do mundo; os currículos selecionados pelo computador eram de homens, pois as contratações que estavam nos dados usados no treinamento eram predominantemente masculinas.

Ignorar aspectos como racismo estrutural, sexismo e preterimento histórico de minorias pode acarretar diversos vieses indesejados. Um sistema treinado para produzir imagens de pessoas em posições de destaque, tais como executivos, políticos, médicos e advogados, pode ter sido treinado com fotografias coletadas da internet e, como consequência, excluir minorias das imagens que produzirá.

A cientista da computação canadense Joy Buolamwini (nascida em 1989) (Fig. 18) cunhou o termo "sombras do poder" para se referir a assimetrias de poder no passado que ainda se fazem presentes nos conjuntos de dados usados para treinar algoritmos. Durante sua pós-graduação no MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts, EUA), ela demonstrou deficiências de sistemas de reconhecimento facial. Posteriormente, ela fundou a Liga da Justiça Algorítmica, organização que atua na denúncia de danos e implicações sociais da inteligência artificial.

Se houver conexão com a internet, dividam-se em grupos para realizar a seguinte atividade:

A sigla CEO (do inglês *chief executive officer*) é usada para designar qualquer profissional que ocupe posição de direção executiva em uma organização. Usem um mecanismo de busca na internet para procurar imagens com a palavra-chave "CEO". Observem as 50 primeiras imagens mostradas e façam um levantamento, nelas, da porcentagem de mulheres e de negros. Com base no resultado, concluam se existe algum viés nesse algoritmo de busca. Repitam o mesmo procedimento usando dois outros mecanismos de busca e compararem os resultados.

POWERUP/SHUTTERSTOCK

Figura 17. O reconhecimento facial é usado para acessos a programas e a lugares. Se os dados para treinamento da inteligência artificial não contiverem ampla diversidade étnica, isso dificultará o reconhecimento de algumas pessoas. Esse é um exemplo de viés algorítmico.

Sobre o tema desta seção *Educação midiática*, sugerimos, se possível, exibir aos estudantes a palestra de Joy Buolamwini sobre vieses algorítmicos. O vídeo possui legendas em português do Brasil, é necessário selecioná-las no botão "Subtitles". Disponível em: https://www.ted.com/talks/joy_buolamwini_how_i_m_fighting_bias_in_algorithms?subtitle=en&geo=pt-br&lng=pt-br. Acesso em: 19 out. 2024.

LEON BENNETT/GETTY IMAGES

Figura 18. A pesquisadora e ativista canadense Joy Adowaa Buolamwini, em foto de 2024.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Ao realizar as atividades, consulte o Quadro 1 deste capítulo sempre que for necessário.

31. A metionina, um aminoácido, tem a fórmula estrutural mostrada a seguir:

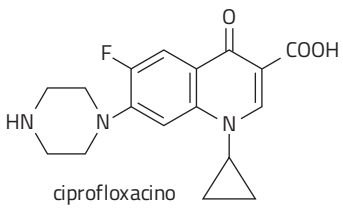
$CH_3 — S — CH_2 — CH_2 — CHNH_2 — COOH$

aminoácido metionina

a. Considerando que, neste composto, o átomo do elemento químico nitrogênio estabelece três ligações covalentes, explique o significado do trecho $— CHNH_2 —$ presente na fórmula estrutural.

b. A que classes funcionais orgânicas pertence a metionina?

32. O antibiótico de nome genérico ciprofloxacino é indicado por médicos em certos casos de infecção urinária. Como qualquer antibiótico, **só deve ser usado com receita e orientação médica**. A fórmula estrutural desse antibiótico é mostrada a seguir.



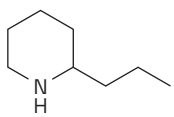
ciprofloxacino

a. Qual é a parte dessa fórmula estrutural que indica se tratar de um ácido carboxílico?

b. Existe na estrutura um átomo de um elemento químico halogênio, isto é, do grupo 17 da tabela periódica. Que elemento químico é esse? Sua presença caracteriza qual classe funcional orgânica?

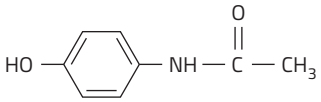
c. Essa substância pertence também a duas outras classes funcionais orgânicas: cetona e amina. Reproduza a fórmula estrutural no seu caderno e indique nela os grupos que caracterizam essas duas classes funcionais.

33. Cicuta é um gênero de plantas extremamente venenosas nativas de regiões do Hemisfério Norte. A toxicidade deve-se, entre outras substâncias, à coniina, cuja fórmula estrutural é mostrada a seguir. Essa substância deve ser classificada como amida ou como amina? Por quê?



coniina

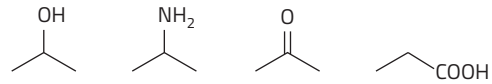
34. A fórmula estrutural a seguir representa a molécula do fármaco antitérmico cujo nome genérico é paracetamol. Transcreva a fórmula no caderno, destaque os grupos funcionais e dê o nome das respectivas classes funcionais.



paracetamol

35. (UFMG) Considere as seguintes fórmulas estruturais:

35. b



A alternativa que apresenta, respectivamente, os nomes das funções correspondentes a essas fórmulas é:

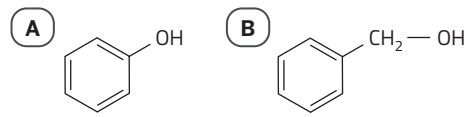
a. álcool, amina, aldeído, éster.

b. álcool, amina, cetona, ácido carboxílico.

c. aldeído, amida, cetona, éster.

d. éter, amida, aldeído, ácido carboxílico.

36. Existem diversas variedades de carvão mineral. De uma delas, denominada hulha, são extraídas misturas de substâncias, cujos componentes são utilizados como matéria-prima industrial. Em uma dessas misturas, conhecida como alcatrão da hulha, são encontradas, entre outras, as substâncias **A** e **B**:



Explique se **A** e **B** são, ou não, álcoois, argumentando para justificar sua resposta.

37. O modelo molecular a seguir corresponde a uma substância orgânica denominada metoximetano. Qual é a classe funcional à qual esse composto pertence?

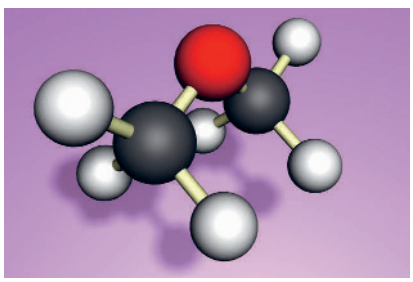


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Modelo molecular do metoximetano.
(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

38. A vanilina é uma substância natural encontrada em uma espécie de orquídea (*Vanilla planifolia*) e que apresenta aroma de baunilha. Atualmente, a vanilina é produzida de modo artificial e largamente empregada na produção de sorvetes, doces, bolos e até mesmo em cosméticos e produtos de higiene.

A molécula de vanilina é constituída de um anel benzênico com um grupo funcional hidroxila e um grupo $— OCH_3$ ligados a átomos vizinhos de carbono do anel. No átomo de carbono do lado oposto ao que contém o grupo hidroxila, está ligado um grupo funcional aldeído. Represente a fórmula estrutural da vanilina e diga a que outras classes funcionais ela pertence, além de aldeído.

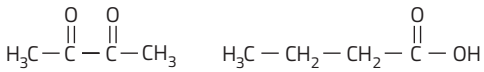
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

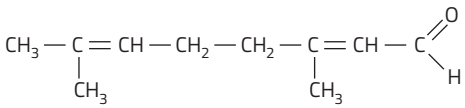
Registre as respostas em seu caderno.

1. O composto **A** é responsável pelo aroma da margarina e o composto **B**, pelo odor da manteiga rançosa. Explique se **A** e/ou **B** pertencem ao grupo das cetonas.



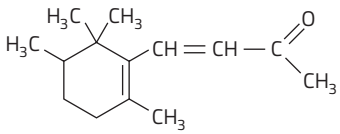
A **B**

2. As substâncias designadas pelas letras **A**, **B**, **C**, **D** e **E**, cujas fórmulas são apresentadas a seguir, são empregadas como fragrâncias na fabricação de perfumes:



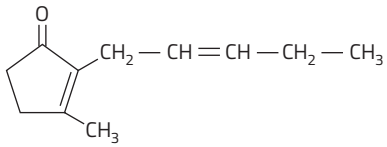
A

(fragrância de limão)



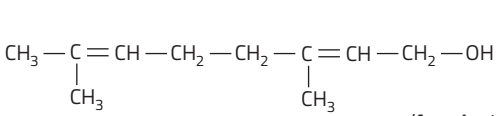
B

(fragrância de violeta)



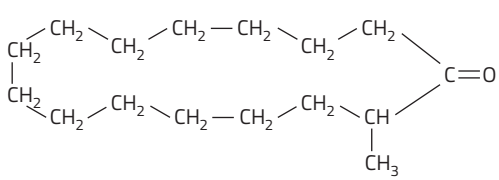
C

(fragrância de jasmim)



D

(fragrância de rosa)



E

(fragrância de almíscar)

a. A substância **A** é um hidrocarboneto, um álcool, um aldeído ou uma cetona?

b. E as substâncias **B**, **C**, **D** e **E**?

3. (Uerj) Os cães conhecem seus donos pelo cheiro. Isso se deve ao fato de os seres humanos apresentarem, junto à pele, glândulas que produzem e liberam ácidos carboxílicos. A mistura desses ácidos varia de pessoa para pessoa, o que permite a animais de faro bem desenvolvido conseguir discriminá-la. Com o objetivo de testar tal discriminação, um pesquisador elaborou uma mistura de substâncias semelhantes à produzida pelo dono de um cão. Para isso, ele usou substâncias genericamente representadas por:

3. b

a. RHCO
b. RCOOH
c. RCH_2OH
d. $RCOOCH_3$

4. (Fuvest-SP) Um composto orgânico com a fórmula molecular C_3H_7OH deve ser classificado como:

4. b

a. ácido.
b. álcool.
c. aldeído.
d. base.
e. fenol.

5. (PUC-RS) Flavorizantes artificiais procuram imitar o sabor e o aroma de alimentos produzidos artificialmente. Dentre esses compostos sintéticos, destacam-se os ésteres. Um exemplo de éster que pode ser usado como aditivo alimentar é:

5. d

a. CH_3COOH
b. $CH_3CH_2COCH_2CH_3$
c. $CH_3CH_2CH_2OH$
d. $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_3$
e. $C_6H_5OCH_3$

6. (Uerj) Na indústria de alimentos, a análise da composição dos ácidos carboxílicos não ramificados presentes na manteiga é composta por três etapas:

6. c

- reação química dos ácidos com etanol, formando uma mistura de ésteres;
- aquecimento gradual dessa mistura, para destilação fracionada dos ésteres;
- identificação de cada um dos ésteres vaporizados, em função do seu ponto de ebulição.

O gráfico a seguir indica o percentual de cada um dos ésteres formados na primeira etapa da análise de uma amostra de manteiga.

Ésteres formados na primeira etapa da análise descrita

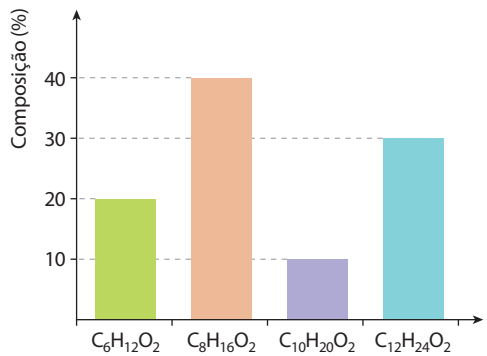


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Na amostra analisada, está presente em maior quantidade o ácido carboxílico denominado:

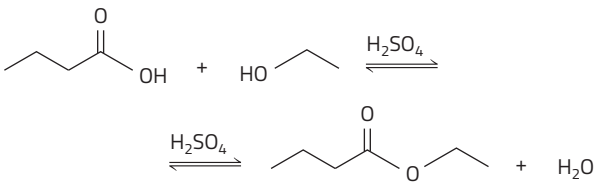
a. octanoico
b. decanoico
c. hexanoico
d. dodecanoico

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

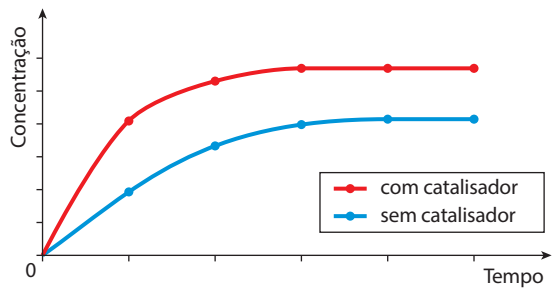
7. (Uerj) A fim de aumentar a velocidade de formação do butanoato de etila, um dos componentes do aroma de abacaxi, emprega-se como catalisador o ácido sulfúrico. Observe a equação química desse processo:

7. b

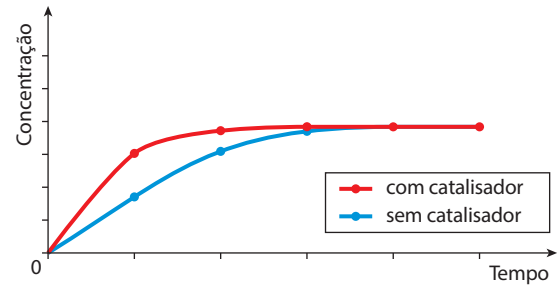


As curvas de produção de butanoato de etila para as reações realizadas com e sem a utilização do ácido sulfúrico como catalisador estão apresentadas no seguinte gráfico:

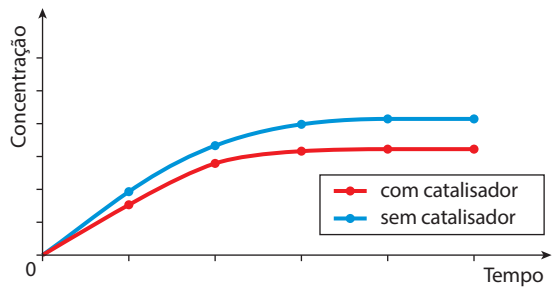
a.



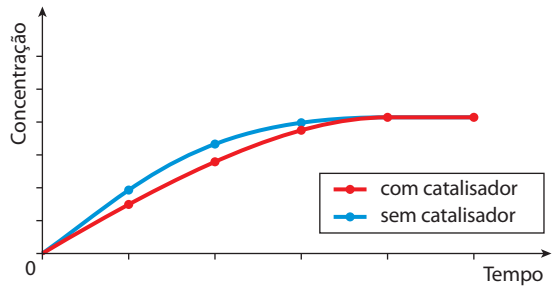
b.



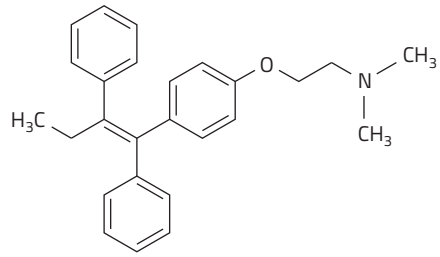
c.



d.



8. O tamoxifeno, medicamento usado contra o câncer de mama, tem a fórmula estrutural a seguir:

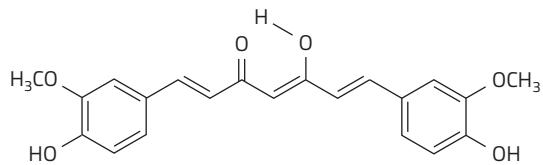


tamoxifeno

Quais as classes funcionais presentes no tamoxifeno?

9. (Enem) A curcumina, substância encontrada no pó amarelo-alaranjado extraído da raiz da cúrcuma ou açafrão-da-índia (*Curcuma longa*), aparentemente, pode ajudar a combater vários tipos de câncer, o mal de Parkinson e o de Alzheimer e até mesmo retardar o envelhecimento. Usada há quatro milênios por algumas culturas orientais, apenas nos últimos anos passou a ser investigada pela ciência ocidental.

9. b



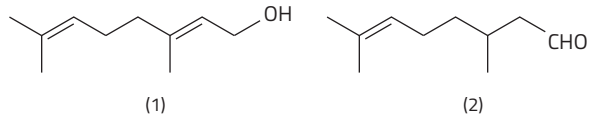
Fonte: ANTUNES, M. G. L. Neurotoxicidade induzida pelo quimioterápico cisplatina: possíveis efeitos citoprotetores dos antioxidantes da dieta curcumina e coenzima Q10. **Pesquisa Fapesp**. São Paulo, n. 168, fev. 2010 (adaptado).

Na estrutura da curcumina, identificam-se grupos característicos das funções

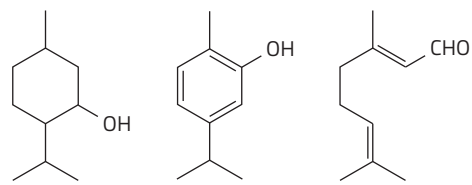
a. éter e álcool.
b. éter e fenol.
c. éster e fenol.
d. aldeído e enol.
e. aldeído e éster.

10. (Enem) Um microempresário do ramo de cosméticos utiliza óleos essenciais e quer produzir um creme com fragrância de rosas. O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada e hidroxila em carbono terminal. O catálogo dos óleos essenciais apresenta, para escolha da essência, estas estruturas químicas:

10. a



(1) (2)



(3) (4) (5)

Qual substância o empresário deverá utilizar?

a. 1 **b.** 2 **c.** 3 **d.** 4 **e.** 5

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 21

Isomeria

ANEK SANGKAMANEE/SHUTTERSTOCK

ARCO IMAGES GMBH/ALAMY/FOTOARENA

PAWEL BERES/SHUTTERSTOCK

MICHAEL SILUK/SHUTTERSTOCK

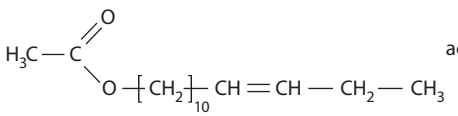
Em muitos países, as plantações de milho (A) são ameaçadas por mariposas da espécie *Ostrinia nubilalis* (B). Após o acasalamento, a fêmea deposita ovos (C) nas espigas. Dos ovos eclodem larvas (lagartas) que perfuram os grãos (D) e outras estruturas da planta e deles se alimentam. A lagarta dessa espécie é conhecida como broca europeia do milho. Comprimento da mariposa (B): 2,5 cm; diâmetro aproximado de cada ovo (C): 1 mm; comprimento da lagarta da foto (D): 1 cm, podendo chegar a 2,5 cm.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás dos Estados Unidos e da China. Quando este livro foi escrito, a broca europeia do milho (*Ostrinia nubilalis*) constava na *lista de pragas quarentenárias ausentes* elaborada pelo Ministério da Agricultura. Isso significa que, apesar de não existir em território nacional, é reconhecida como potencialmente muito perigosa, exigindo medidas preventivas para impedir sua entrada no país.

Um **feromônio** (do grego *phero*, "transmitir", e *hormôn*, "excitar") é uma substância liberada por um animal que, percebida por outros membros da mesma espécie, desencadeia uma resposta comportamental. Formigas utilizam feromônios para marcar as trilhas, e abelhas ameaçadas secretam feromônios que alertam outras para fugir.

A mariposa fêmea da broca europeia do milho libera no ar um feromônio que, mesmo em baixíssima concentração, pode ser detectado por machos da espécie a grandes distâncias, atraindo-os. A pesquisa sobre feromônios desse tipo é importante porque, se forem identificados e produzidos, podem ser usados para atrair os machos até armadilhas, impedindo a procriação. É um método ambientalmente benigno, pois reduz a necessidade de usar inseticidas nas lavouras.

Pesquisadores descobriram um fato interessante. Há dois grupos de indivíduos na espécie *Ostrinia nubilalis*. As fêmeas de um deles liberam um feromônio que atrai somente machos desse mesmo grupo. No outro, acontece algo similar: o feromônio das fêmeas provoca atração exclusivamente dos machos deste outro grupo. Uma análise dos feromônios das fêmeas dos dois grupos revelou que eles tinham a mesma fórmula estrutural plana, mostrada a seguir. Como, então, explicar esse interessante fato observado?



acetato de tetradec-11-enila

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Isomeria constitucional

Em laboratórios, indústrias e quaisquer outras instalações que armazenem reagentes químicos, a correta rotulagem das embalagens é de grande relevância. As indicações do rótulo devem deixar claro o que existe no interior da embalagem, sem deixar qualquer dúvida a respeito. De fato, existem normas aplicáveis à rotulagem de cada produto, a qual deve incluir o(s) nome(s) correto(s) da substância e as informações sobre transporte, manuseio, estocagem, toxicidade, riscos e também indicação de procedimentos em caso de emergência.

Nesse contexto, se uma embalagem contém uma substância orgânica, colocar um rótulo contendo apenas a fórmula molecular não é uma prática correta, pois, na maioria dos casos envolvendo compostos orgânicos, determinada fórmula molecular não representa uma só substância.

Existem, por exemplo, dois compostos diferentes com a fórmula molecular C_4H_{10}, cujos nomes e fórmulas estruturais são mostrados a seguir e cujos modelos moleculares estão na Figura 1.

Dois ou mais compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular são denominados **isômeros**. A existência de isômeros é chamada **isomeria**, ou **isomerismo**. O butano e o metilbutano são, por exemplo, isômeros de fórmula molecular C_4H_{10}.

Quando é possível perceber que dois isômeros são diferentes observando a fórmula estrutural plana, dizemos que é um caso de **isomeria constitucional** ou **isomeria plana**, e os compostos em questão são **isômeros constitucionais** ou **isômeros planos**.

Considerando hidrocarbonetos que não tenham estrutura cíclica e nos quais não existam insaturações, a fórmula C_4H_{10} representa o caso com menor número de átomos de carbono (e, consequentemente, também de hidrogênio) em que há isomeria. À medida que o número de átomos de carbono aumenta, mais isômeros se tornam possíveis (Tabela 1).

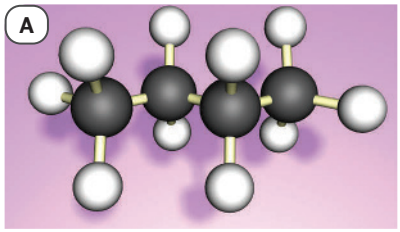
Tabela 1. Número de isômeros possíveis para algumas fórmulas moleculares

Fórmula molecular	Número de isômeros possíveis
C_4H_{10}	2
C_5H_{12}	3
C_6H_{14}	5
C_7H_{16}	9
C_8H_{18}	18
C_9H_{20}	35
$C_{10}H_{22}$	75
$C_{15}H_{32}$	4.347
$C_{20}H_{42}$	366.319
$C_{40}H_{82}$	62.491.178.805.831

Fonte: CAREY, F. A. *et al*. **Organic Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. p. 72.

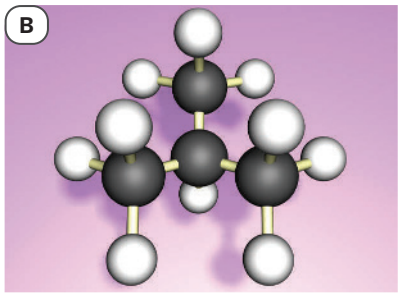
Considerando a fórmula molecular $C_4H_{10}O$, existem sete isômeros constitucionais, dois dos quais são o butan-1-ol e o éter dietílico, cujas fórmulas estruturais são mostradas a seguir e cujos modelos moleculares estão na Figura 2. (Sobre os demais isômeros de fórmula molecular $C_4H_{10}O$, realize a atividade do *Dialogando com o texto* deste item.)

Nos itens 2 e 3 deste capítulo, conheceremos casos em que a distinção entre dois isômeros é possível apenas considerando a estrutura espacial das moléculas e, nesses casos, estaremos lidando com **isomeria espacial**.



$H_3C — CH_2 — CH_2 — CH_3$

butano

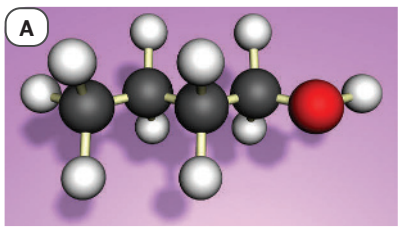


$$H_3C — \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} — CH_3$$

metilpropano

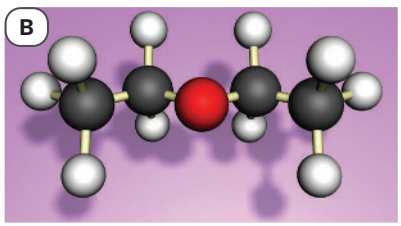
ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. Modelo molecular dos compostos de fórmula molecular C_4H_{10}, (A) butano e (B) metilpropano. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono.)



$H_3C — CH_2 — CH_2 — CH_2 — OH$

butan-1-ol



$H_3C — CH_2 — O — CH_2 — CH_3$

éter dietílico

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 2. Modelo molecular de dois dos compostos de fórmula molecular $C_4H_{10}O$, (A) butan-1-ol e (B) éter dietílico. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Procure na internet a fórmula estrutural dos outros cinco isômeros constitucionais de fórmula molecular $C_4H_{10}O$ (três álcoois e dois éteres), registre-as no caderno e verifique a diferença entre elas e as do butan-1-ol e do éter dimetílico.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

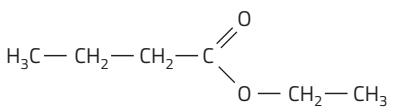
1. Uma das substâncias que dão aroma ao abacaxi é o butanoato de etila e uma das substâncias responsáveis pelo cheiro dos bodes é o ácido hexanoico.

PIXEL-SHOT/SHUTTERSTOCK

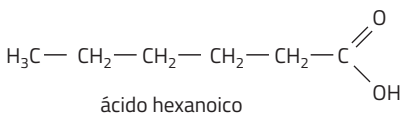
DUDAREV MIKHAIL/SHUTTERSTOCK

O butanoato de etila, presente no abacaxi, e o ácido hexanoico, produzido pelos bodes, são isômeros constitucionais.

As fórmulas estruturais das duas substâncias mencionadas são mostradas a seguir. Explique por que esses dois compostos orgânicos são considerados isômeros.

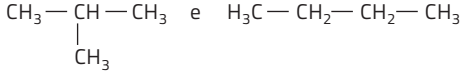


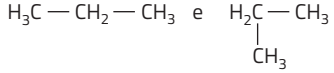
butanoato de etila

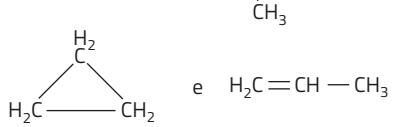


ácido hexanoico

2. Compare cada par de estruturas mostrado a seguir e decida se representa ou não isômeros.

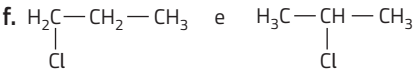
a. 

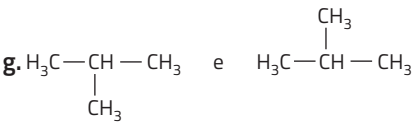
b. 

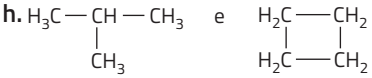
c. 

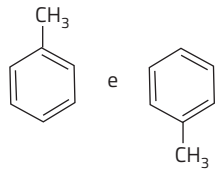
d. $H_3C-CH=CH-CH_3$ e $H_2C=CH-CH_2-CH_3$

e. $H_3C-CH=CH_2$ e $H_2C=CH-CH_3$

f. 

g. 

h. 

i. 

3. (UESPI) Quantos isômeros existem com a fórmula C_4H_{10}?

3. a

a. 2 **b.** 1 **c.** 3 **d.** 4 **e.** 5

4. Represente a fórmula estrutural dos:

a. três hidrocarbonetos isômeros que têm fórmula molecular C_5H_{12};

b. cinco hidrocarbonetos isômeros que têm fórmula molecular C_6H_{14};

c. dois hidrocarbonetos isômeros que têm fórmula molecular C_3H_6.

5. Entre os vários isômeros com a fórmula molecular C_3H_6O, represente a fórmula estrutural de um que seja aldeído, de outro que seja cetona e de outro que seja álcool e contenha insaturação C=C.

6. Entre os isômeros com a fórmula molecular $C_4H_8O_2$, represente a fórmula estrutural de:

a. dois deles que sejam ácidos carboxílicos;

b. quatro deles que sejam ésteres.

Instrução para as atividades 7 a 9: Represente a fórmula estrutural de todos os isômeros constitucionais (isômeros planos) com a fórmula molecular fornecida.

7. $C_3H_6Cl_2$

8. C_3H_9N

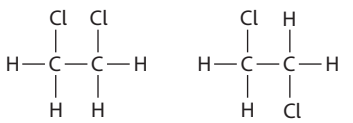
9. C_2H_4O

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

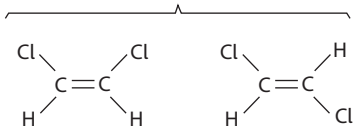
2. Isomeria geométrica

Reflita sobre as seguintes perguntas referentes aos dois pares de estruturas mostrados a seguir:

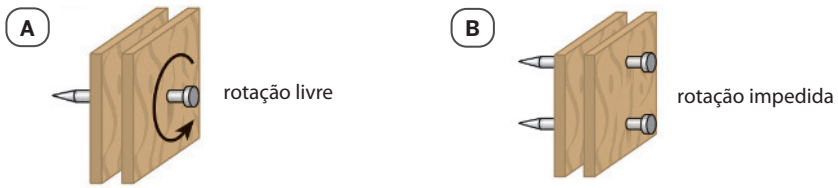
São representações da mesma substância?



São representações da mesma substância?



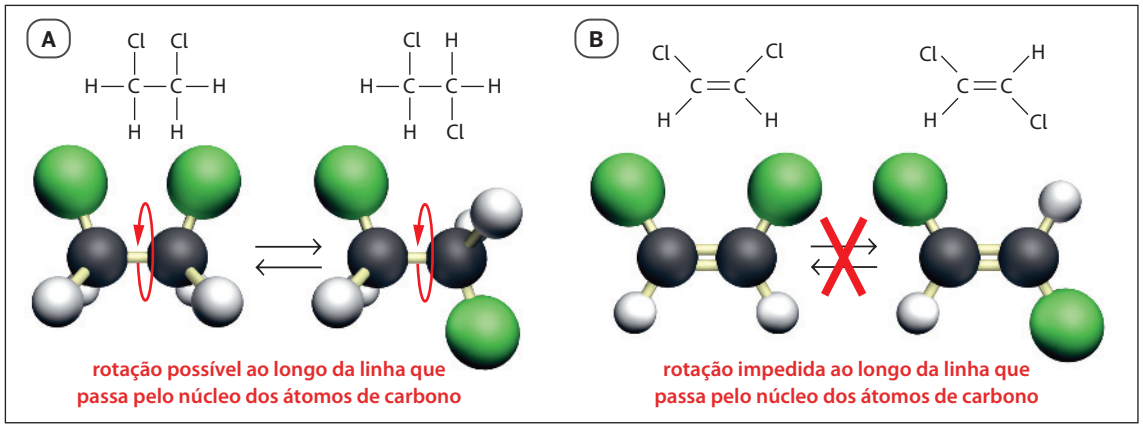
Para responder, comecemos com uma comparação. Imagine duas tábuas pelas quais atravessamos um prego (Fig. 3.A). Existe a possibilidade de girá-las livremente ao redor desse prego. Agora, imagine que atravessemos dois pregos nelas (Fig. 3.B). Nesse caso, o movimento giratório está travado. No primeiro caso, existe liberdade rotacional ao redor de um eixo definido pela direção do prego, e, no segundo caso, não existe liberdade rotacional.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 3. Duas tábuas paralelas com um prego atravessando-as perpendicularmente (A) constituem um sistema em que há liberdade de rotação ao redor do eixo definido pelo prego. Já no caso de dois pregos atravessando essas tábuas (B), deixa de haver liberdade de rotação. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

De modo geral, existe liberdade rotacional ao longo de ligações covalentes simples C — C (Fig. 4.A). Ao contrário, no caso de ligação covalente dupla C = C, não existe liberdade rotacional ao redor do eixo que passa pelos núcleos desses dois átomos de carbono (Fig. 4.B).

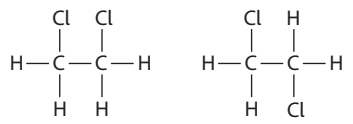


ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

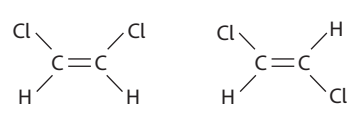
Figura 4. Esquematização da rotação possível ao redor da ligação covalente simples C — C no $CH_2Cl—CH_2Cl$ (A) e da rotação impedida no caso do CHCl = CHCl (B). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, verde – cloro.)

Assim, podemos concluir que:

São representações da mesma substância.



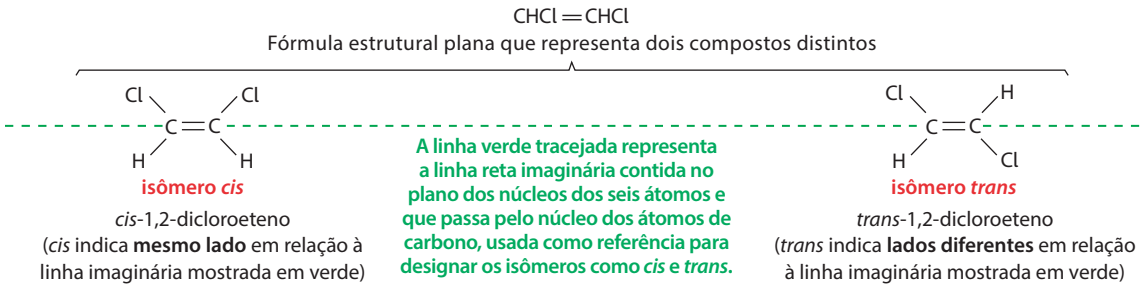
NÃO são representações da mesma substância.



As duas substâncias representadas à direita são isômeros, pois são compostos diferentes que possuem a mesma fórmula molecular ($C_2H_2Cl_2$).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os núcleos dos átomos de carbono da ligação dupla C═C e os núcleos dos átomos ligados a eles encontram-se todos em um mesmo plano. A diferença entre os dois isômeros (Fig. 5) está na disposição geométrica dos grupos ligados aos átomos de carbono da dupla C═C, o que constitui um caso denominado **isomeria geométrica**. Os dois compostos, chamados de **isômeros geométricos**, são diferenciados por meio do acréscimo, no nome, dos prefixos *cis* e *trans* (do latim *cis*, "próximo a", e *trans*, "através de").



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

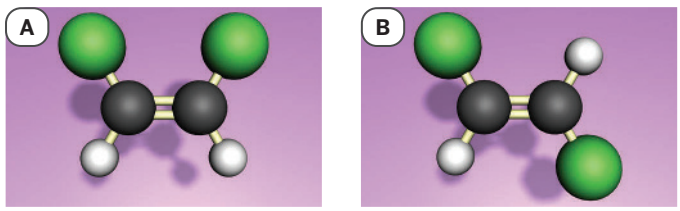
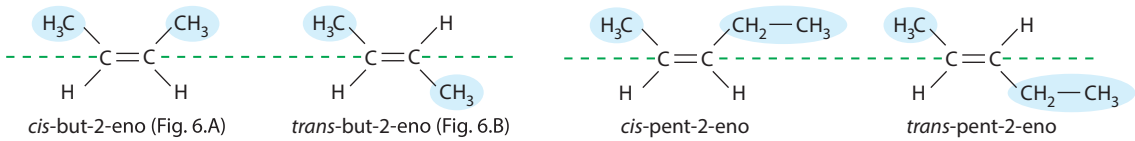


Figura 5. Modelo molecular dos isômeros geométricos (A) *cis*-1,2--dicloroeteno e (B) *trans*-1,2-dicloroeteno. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, verde – cloro.)

Para que uma dada fórmula estrutural plana represente dois isômeros geométricos, é necessário, além da presença de uma ligação dupla C═C, que cada um dos carbonos dessa dupla apresente dois ligantes diferentes entre si. Chamamos de *cis* o composto em que os maiores grupos ligados a cada átomo de carbono da dupla C═C estão posicionados de um mesmo lado da linha imaginária destacada em verde no esquema e de *trans* o composto em que os maiores grupos ligados a cada carbono estão em lados opostos dessa linha.* Assim, são exemplos de isômeros geométricos:



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

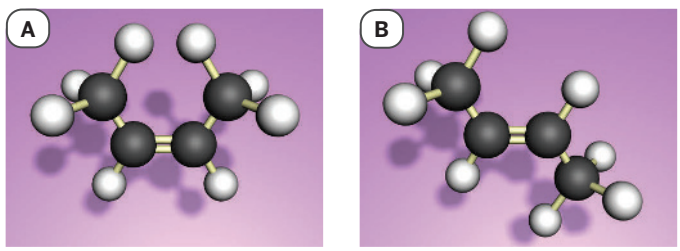
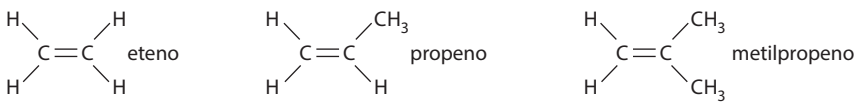


Figura 6. Modelo molecular dos isômeros geométricos (A) *cis*-but-2-eno e (B) *trans*-but-2-eno. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono.)

e são exemplos de compostos que **não** apresentam isomeria geométrica:

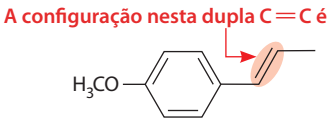


Diversas substâncias presentes em seres vivos apresentam a possibilidade de isomeria geométrica, mas frequentemente os efeitos fisiológicos (efeitos sobre organismos) dos isômeros *cis* e *trans* são diferentes. Por exemplo, o aroma de anis (também conhecida como erva-doce ou funcho) deve-se ao anetol, substância que é um isômero geométrico *trans*.

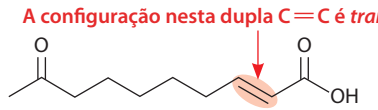
* Há autores que chamam de *cis* o isômero em que grupos iguais ligados aos dois carbonos da dupla (por exemplo, os átomos de hidrogênio da porção —CH═CH— do but-2-eno) estão no mesmo lado, e chamam de *trans* o isômero em que esses grupos estão em lados diferentes. Devido à dificuldade de aplicar os termos *cis* e *trans* em diversas situações (por exemplo, no CHF═CClBr), na Química universitária há outra maneira, mais adequada, para designar os isômeros geométricos, utilizando outros prefixos: *E* e *Z*. Esse tema não é abordado nesta discussão, pois está além do propósito deste livro.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O feromônio (comentamos o que vem a ser isso na abertura deste capítulo) liberado pela abelha-rainha e que tem efeito regulador sobre o enxame também é um isômero *trans*.

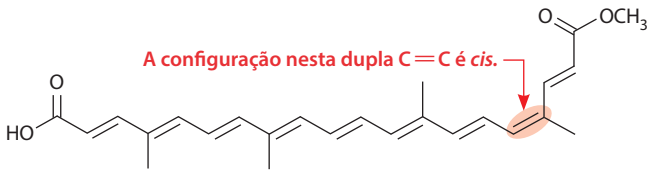


anetol (aroma de anis)

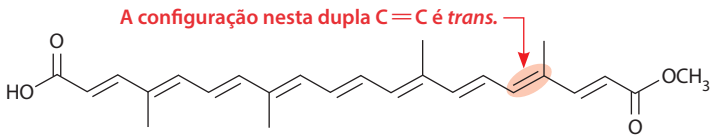


feromônio da abelha-rainha

A substância que dá cor vermelha às sementes de urucum (Fig. 7.A), usada em pintura corporal por alguns povos indígenas (Fig. 7.B) e extraída industrialmente para uso como corante em alimentos, apresenta isomeria geométrica. A forma natural tem configuração *cis* em uma das ligações duplas da molécula. Durante aquecimento ou extração industrial, ocorre uma reação química em que a substância se transforma no isômero com configuração *trans* nessa mesma ligação dupla.

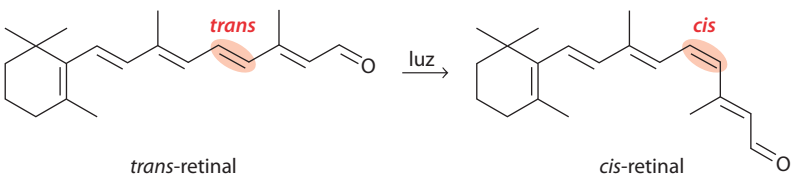


substância responsável pela cor vermelha da semente de urucum



isômero em que a substância anterior se transforma quando aquecida

O processo visual envolve conversão entre isômeros geométricos na retina, camada que fica na parte posterior do olho, onde existem células fotorreceptoras (isto é, receptoras de luz) contendo uma substância chamada *cis*-retinal. A incidência de luz provoca a sua transformação em *trans*-retinal, reação que gera um impulso elétrico que é enviado ao cérebro. Lá os impulsos são interpretados, compondo as imagens que vemos.



trans-retinal — *cis*-retinal

O olho dispõe de mecanismos capazes de reconverter o *trans*-retinal em *cis*-retinal, estando, dessa maneira, pronto para receber mais luz. A cada segundo, esses eventos se repetem milhões de vezes em nossos olhos.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

SAÚDE

O retinal é produzido pelo organismo a partir da vitamina A, também chamada retinol. A ausência dessa vitamina na alimentação provoca uma doença conhecida como **cegueira noturna**, caracterizada pela incapacidade de enxergar em ambientes pouco iluminados. Na cenoura existe uma substância denominada β-caroteno (betacaroteno), que, no organismo, é convertida em vitamina A. Comer cenouras não assegura possuir visão acima do normal (como acreditam algumas pessoas), pois a presença de retinal é apenas parte do processo visual.

Pesquise as fórmulas estruturais da vitamina A e do β-caroteno, e compare-as com a do *trans*-retinal, registrando semelhanças e diferenças. A seguir, elabore um cartaz (em papel ou em mídia digital, conforme determinação do professor) que exponha suas conclusões.

MURILO MAZZO/SHUTTERSTOCK

RICARDO TELES/PULSAR IMAGENS

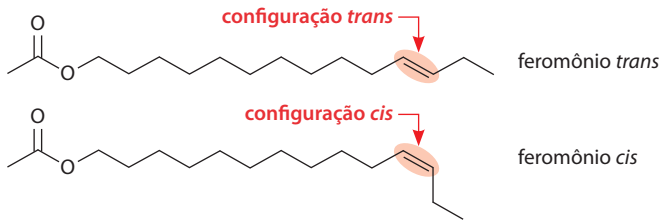
Figura 7. (A) Um urucum (fruto do urucuzeiro) aberto, em cujo interior estão as sementes. Há cerca de 30 a 50 delas em cada urucum. (B) Indígenas da aldeia Afukuri e etnia Kuikuro com cabelos e corpos pintados durante o ritual do Kuarup. A cor vermelha se deve a uma substância proveniente da semente de urucum. Parque Indígena do Xingu, Querência, MT, 2021.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O caso do feromônio da broca europeia do milho

No texto de abertura deste capítulo, propusemos uma pergunta sobre o interessante caso do feromônio de atração liberado pelas mariposas fêmeas da espécie *Ostrinia nubilalis*.

A resposta está relacionada ao fato de que a fórmula estrutural plana do feromônio representa, de fato, dois isômeros geométricos:



Os pesquisadores descobriram diferenças no material genético entre os membros dos dois grupos de indivíduos existentes nessa espécie de ser vivo. Em um deles, o material genético condiciona a síntese do feromônio *trans* (pelas fêmeas) e determina também a capacidade de percepção do mesmo isômero (pelos machos). No outro grupo, o material genético apresenta diferenças químicas que conduzem à síntese (pelas fêmeas) e à percepção (pelos machos), do isômero *cis*. Embora os membros dos dois grupos possam acasalar normalmente quando estão próximos em um mesmo ambiente (e ter descendentes férteis), os dois grupos podem, segundo os cientistas que conduziram as pesquisas, evoluir ao longo de muitas gerações para se tornarem duas espécies diferentes.

Qual é a utilidade prática do conhecimento sobre feromônios que atraem os insetos machos ao local em que a fêmea se encontra?

Parte do ciclo de vida da *Ostrinia nubilalis* é na forma de lagarta, conhecida como broca europeia do milho porque perfura as espigas para delas se alimentar. Uma infestação desses insetos em plantações de milho pode provocar consideráveis perdas econômicas.

A espécie, que é nativa da Europa, não existia na América do Norte até 1914, quando chegou em um carregamento marítimo de milho. A partir de então, se espalhou por várias regiões, causando grandes prejuízos. No Canadá e nos Estados Unidos, essa espécie é considerada a maior praga das plantações de milho. Na ocasião em que este livro foi escrito, o território brasileiro estava livre da broca europeia do milho.

O conhecimento da estrutura química dos feromônios e de sua atuação no acasalamento é importante porque esses compostos podem ser produzidos pelo ser humano e empregados em armadilhas que atraem os machos (Fig. 8), impedem a reprodução da espécie e evitam danos às plantações. Esse conhecimento pode ser útil, por exemplo, caso a broca europeia do milho atinja o território brasileiro.

AJCESPEDES/SHUTTERSTOCK

Figura 8. Armadilha com material adesivo e feromônio que atrai os insetos machos da espécie *Tuta absoluta* (traça-do-tomateiro), praga que ataca plantações de tomate.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

A escolha de palavras pode não ser neutra

No *Em destaque* anterior, comentamos que armadilhas com feromônios são um método para evitar que insetos que atuam como pragas devastem plantações.

Com o avanço das pesquisas, podem ser descobertos feromônios de diferentes espécies que atuam como pragas e esses feromônios serão uma alternativa ao método de controle tradicional, realizado pulverizando a plantação com substâncias que matam as pragas.

O uso de pesticidas, ou praguicidas, para matar insetos que atacam plantações e acarretam diminuição da produção agrícola é um tema controverso. Mesmo considerando que hoje existem pesticidas que se degradam em poucos dias após a aplicação no ambiente (Fig. 9), transformando-se em compostos não tóxicos, há muita polêmica a respeito.

Leia o texto do artigo primeiro do projeto de Lei nº 1.459 de 2022:

> Art. 1º A pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de pesticidas, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins serão regidos por esta Lei.

Fonte: SENADO FEDERAL. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153396. Acesso em: 19 out. 2024.

Esse projeto, que ficou conhecido como projeto de lei dos agrotóxicos, quando foi sancionado, passou a ser a Lei nº 14.785, de 2023. O artigo primeiro da lei tem a redação:

> Art. 1º A pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins são regidos por esta Lei.

Fonte: CASA CIVIL. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14785.htm. Acesso: em 19 out. 2024.

Ao comparar as duas redações, você encontrará duas palavras diferentes. Leia novamente e tente identificá-las.

Uma das diferenças está no tempo verbal. O projeto de lei diz que "serão regidos por esta Lei" e a Lei sancionada diz "são regidos por esta Lei". Essa adequação é necessária por que, uma vez sancionada a lei, ela rege (no presente, não no futuro) o tema.

ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

Figura 9. Avião pulverizando praguicida em plantação de algodão (São Desidério, BA, 2024).

A outra diferença está na palavra "pesticidas" que foi substituída por "agrotóxicos".

O termo "agrotóxico" foi cunhado em 1977 pelo engenheiro agrônomo paulista Adilson Dias Paschoal (1941-2023), um dos precursores da agricultura orgânica no Brasil. Paschoal desejava evidenciar que os nomes usados para esses produtos até então – como "praguicida" e "defensivo agrícola" – escondiam do público a ação tóxica desses materiais.

Uma escolha das palavras pode revelar muita coisa. Por exemplo, optar entre os termos "pesticida" (ou "praguicida"), "agrotóxico" e "defensivo agrícola", – que, à primeira vista, parecem completamente sinônimos, mas não são – pode indicar uma opinião acerca do uso desses produtos.

Sobre isso, realize as seguintes atividades:

1. Investigue opiniões divergentes sobre a utilização dos produtos mencionados e elabore duas listas: uma de aspectos favoráveis e outra de fatores desfavoráveis à essa utilização.
2. Ao ler opiniões sobre o tema, você percebeu tendenciosidades no uso das expressões "defensivos agrícolas" e "agrotóxicos" para se referir a pesticidas? Comente.
3. Expresse, em um texto, sua opinião acerca da utilização de pesticidas nas lavouras. Pesquise elementos que deem embasamento à sua opinião.
4. Na sua opinião, a substituição da palavra "pesticidas" por "agrotóxicos" no artigo primeiro da lei mencionado no texto foi acertada? Justifique.
5. Ainda sobre a lei mencionada, a que grupos ou pessoas o termo "agrotóxico" poderia incomodar.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

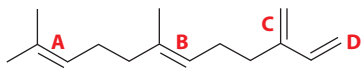
10. Para cada uma das fórmulas estruturais mostradas, julgue se há possibilidade de isomeria geométrica.

a. $H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$
b. $H_2C=CH-CH_3$
c. $H_3C-CH=CH-CH_3$
d. $BrHC=CHCl$
e. $H_3C-CH=C(CH_3)_2$
f. $(CH_3)_2C=C(CH_3)_2$

11. Nos casos da atividade anterior em que existe isomeria geométrica, represente as estruturas de cada um dos isômeros.

12. Em algumas balas que imitam o sabor de frutas cítricas existe um acidulante (substância que confere ao alimento sabor ligeiramente azedo) conhecido como ácido fumárico, nome trivial do isômero *trans* do ácido butenodioico, $HOOC-CH=CH-COOH$. Represente a estrutura desse isômero.

13. Os afídeos (pulgões) liberam um feromônio de alarme cuja estrutura é a seguinte:



Em qual(is) das ligações duplas C=C (marcadas com letras) pode haver isomeria *cis-trans*? Por quê?

14. Quando um feromônio apresenta isomeria geométrica, é frequente um dos isômeros ter atividade biológica e o outro não. Por exemplo, o feromônio sexual exalado por fêmeas da mosca-doméstica (*Musca domestica*) é o isômero *cis* cuja fórmula estrutural plana é dada a seguir. O isômero *trans* não tem efeito sobre os machos dessa espécie. Represente o isômero que apresenta efeito biológico.

$$H_3C-[CH_2]_7-CH=CH-[CH_2]_{12}-CH_3$$

15. Represente a fórmula estrutural dos isômeros de fórmula molecular C_4H_8. Há dois isômeros de cadeia carbônica cíclica (fechada) e, no caso dos isômeros de cadeia carbônica aberta (não cíclica), existe uma ligação dupla entre dois átomos de carbono.

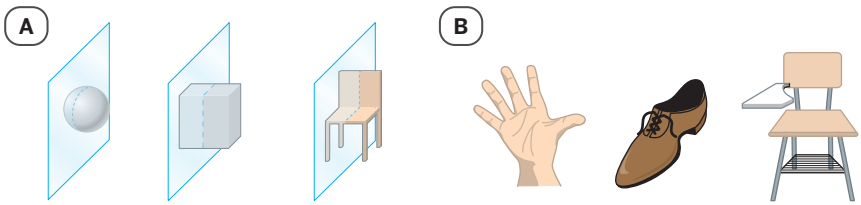
16. Represente a fórmula estrutural dos isômeros de fórmula molecular C_3H_5Cl. Perceba que existe a possibilidade de um isômero de cadeia carbônica cíclica e que, no caso dos isômeros de cadeia carbônica aberta, há uma ligação dupla entre dois átomos de carbono.

17. Represente a fórmula estrutural dos isômeros de fórmula molecular C_5H_{10} que apresentam cadeia carbônica aberta.

3. Isomeria óptica

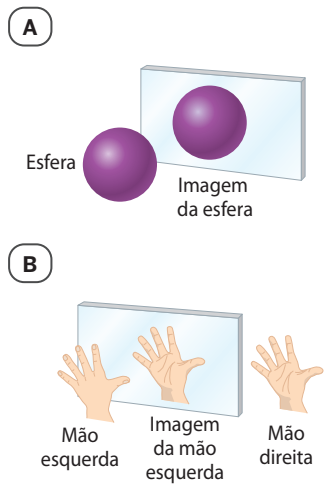
Imagem especular é o termo que usaremos para nos referir à imagem de um objeto no espelho. Quando colocamos uma esfera na frente de um espelho plano, percebemos que a imagem é uma esfera idêntica a ela (Fig. 10.A). O mesmo acontece, por exemplo, com um cubo e uma cadeira sem braço. No entanto, colocando uma de nossas mãos na frente do espelho, a imagem será diferente: será similar à outra mão (Fig. 10.B). Um pé de sapato e uma cadeira com braço para escrever também fornecem imagens especulares diferentes de si.

Essas observações estão relacionadas à existência, ou não, de um plano que divide o objeto em duas metades simétricas, denominado **plano de simetria**. Objetos contendo pelo menos um plano de simetria (Fig. 11.A) produzem uma imagem especular igual a eles e objetos que não possuem plano de simetria (Fig. 11.B) fornecem imagem especular diferente deles.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 11. (A) Esfera, cubo e cadeira sem braço têm plano de simetria. (B) Mão, sapato e cadeira com braço são objetos que não têm plano de simetria. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 10. (A) A imagem especular de uma esfera é igual a ela. (B) A imagem especular da mão esquerda não é igual a ela, assemelhando-se à mão direita. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

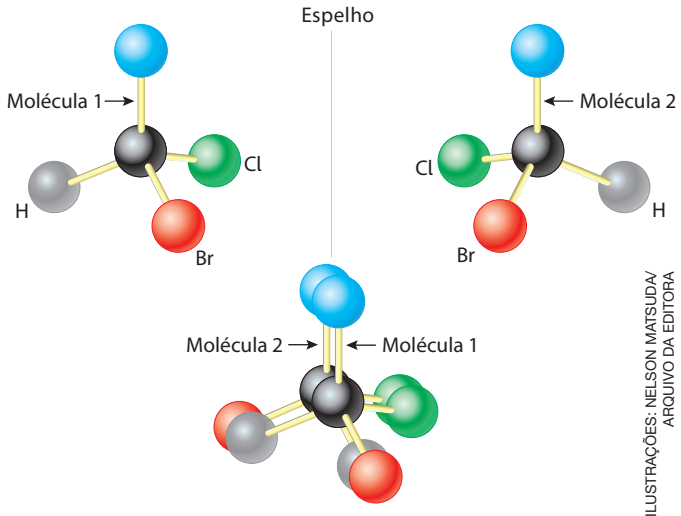
Consideremos, inicialmente, uma molécula de CHBrClF. O átomo de carbono nela presente, que estabelece quatro ligações simples, constitui, com os átomos a ele ligados, uma disposição geométrica tetraédrica, resultando em uma molécula que não apresenta plano de simetria.

Uma molécula desse tipo é chamada de **molécula assimétrica** ou **molécula quiral** ("quiral" tem origem em uma palavra do grego que significa "mão"). Se a colocarmos diante de um espelho, a imagem especular será diferente dela (Fig. 12).

O espelho é apenas um recurso didático para ajudá-lo a perceber o principal: essas duas moléculas são de compostos diferentes, mas com fórmula molecular igual. São, portanto, isômeros.

O tipo de isomeria em que uma molécula é a imagem especular da outra é chamado de **isomeria óptica**. Os isômeros são chamados de **isômeros ópticos**, ou **enantiômeros**, ou, ainda, **enantiomorfos**. Trata-se do caso de isomeria que ocorre com moléculas sem plano de simetria algum (moléculas assimétricas). A **condição necessária** para a isomeria óptica é a assimetria molecular.

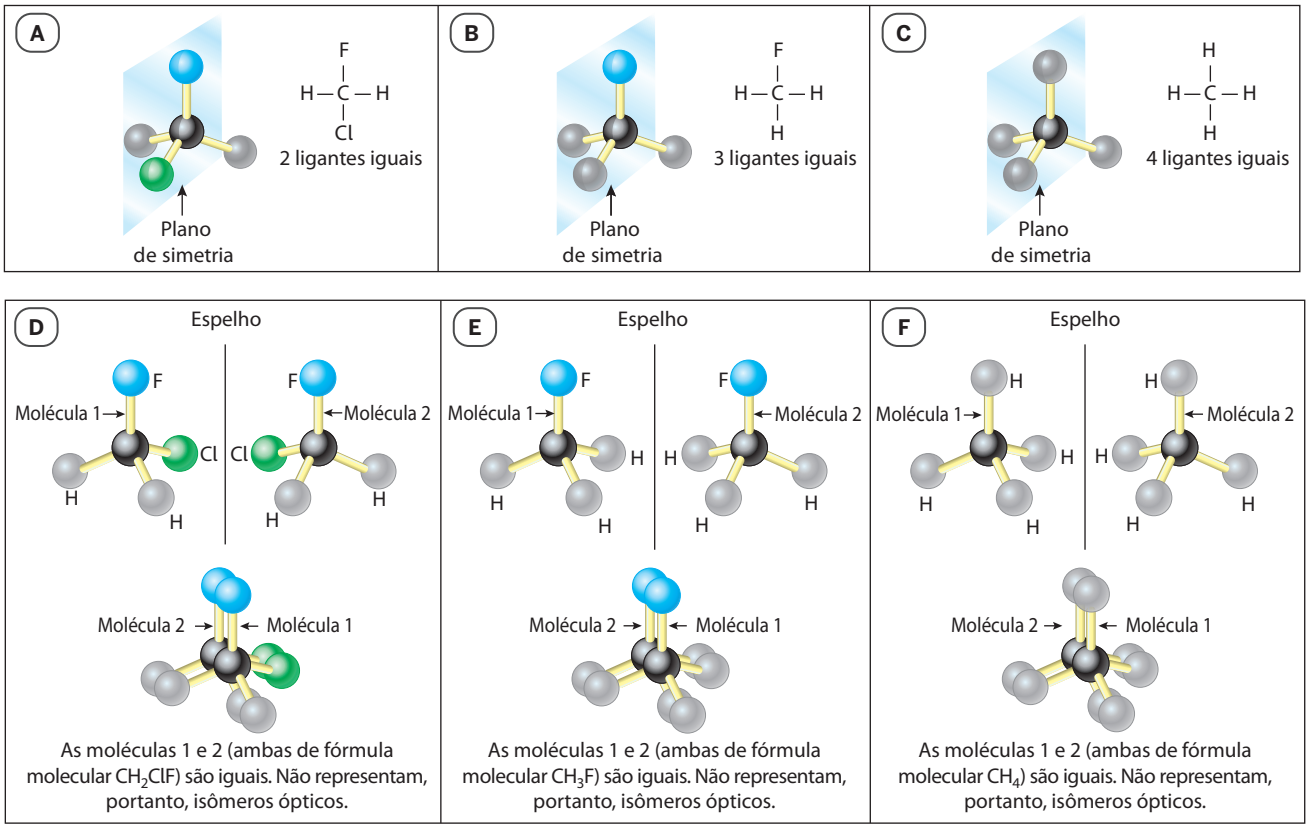
Considere, agora, as substâncias de fórmula molecular CH_2ClF, CH_3F e CH_4. Suas moléculas apresentam ao menos um plano de simetria (Figs. 13.A, 13.B e 13.C) e, portanto, a imagem especular é igual a elas (Figs. 13.D, 13.E e 13.F).



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: CAREY, F. A. *et al*. **Organic Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. p. 138.

Figura 12. Esquema do modelo molecular de uma substância de fórmula molecular CHBrClF (1) e de sua imagem especular (2). As moléculas 1 e 2 são diferentes, o que se percebe ao aproximar os modelos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: KARTY, J. M. *et al*. **Organic Chemistry**; principles and mechanisms. 2. ed. Nova York: Norton, 2018. p. 211, 216.

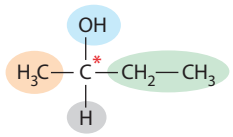
Figura 13. Modelo molecular das substâncias de fórmulas (A) CH_2ClF, (B) CH_3F e (C) CH_4, indicando a existência de plano de simetria, e representação de que as imagens especulares das moléculas são iguais a cada uma das próprias moléculas: (D) CH_2ClF, (E) CH_3F e (F) CH_4. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

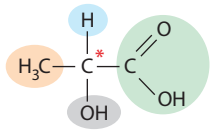
A isomeria óptica acontece apenas com as substâncias que têm moléculas assimétricas. Existem diferentes razões estruturais que conduzem à assimetria molecular.

Uma das mais frequentes, e que será abordada aqui, é a presença de um átomo de carbono que faça quatro ligações simples e que esteja ligado a quatro grupos diferentes. O carbono em questão é denominado **carbono quiral**, **carbono assimétrico**, **centro quiral** ou **centro estereogênico**.

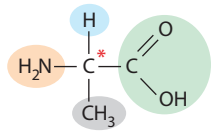
A presença de um carbono quiral, geralmente indicada com um asterisco (*) na fórmula estrutural, é **condição suficiente** para a existência de isômeros ópticos. Algumas moléculas com carbono quiral estão representadas a seguir.



butan-2-ol

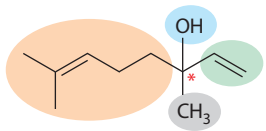


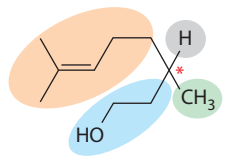
ácido láctico



alanina

linalol
(odor de alfazema)

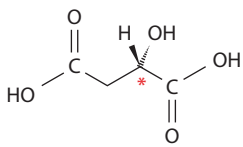




citronelol
(odor de citronela)

Outro exemplo de substância que apresenta carbono quiral na molécula é o ácido málico, encontrado nas maçãs (Fig. 14).

Um átomo de carbono insaturado (isto é, aquele que estabelece uma ligação dupla, duas ligações duplas ou uma ligação tripla), independentemente de que ligantes apresente, não é carbono quiral.



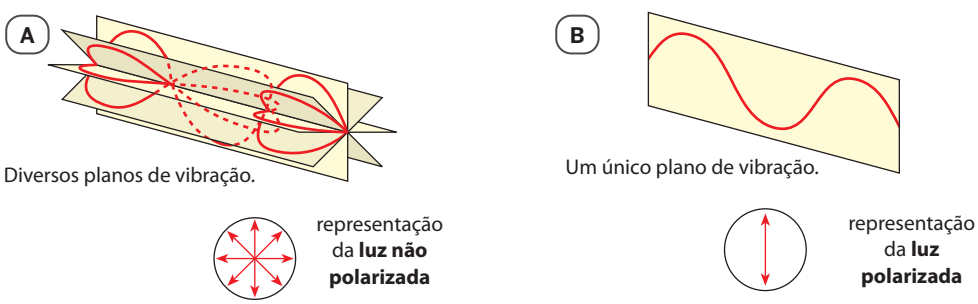
ácido málico

XXMMXX/GETTY IMAGES

Figura 14. O ácido málico, encontrado na maçã, apresenta o fenômeno da isomeria óptica.

As propriedades físicas como temperatura de fusão e temperatura de ebulição (em determinada pressão) e densidade (em certa pressão e temperatura) de dois enantiômeros são iguais. Eles, contudo, diferem em uma propriedade óptica que comentaremos agora.

Quando uma lâmpada emite luz, ela está emitindo ondas eletromagnéticas cujos campos elétrico e magnético vibram em diversos planos. Isso é chamado de luz não polarizada (Fig. 15.A). Existem lentes especiais, chamadas de polarizadores, capazes de fazer com que a luz, ao atravessá-las, sofra o fenômeno da **polarização**, que consiste em fazê-la passar a vibrar em um só plano, constituindo a chamada **luz polarizada** (Fig. 15.B).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: KLEIN, D. **Organic Chemistry**. 3. ed. Hoboken: John Wiley, 2017. p. 195.

Figura 15. Esquema da (A) luz não polarizada e da (B) luz polarizada. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Ao colocar dois polarizadores no caminho de um raio de luz, se eles estiverem alinhados (isto é, colocados de maneira que a direção de polarização seja a mesma), haverá passagem de luz por eles. Caso um deles esteja orientado com a direção de polarização perpendicular à do outro, isso dificultará muito a passagem de luz (Figs. 16 e 17).

FOTOS: EDUARDO SANTALIESTRA/ ARQUIVO DA EDITORA

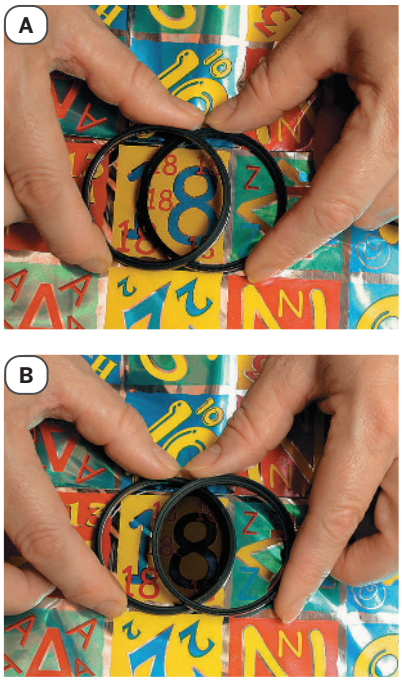
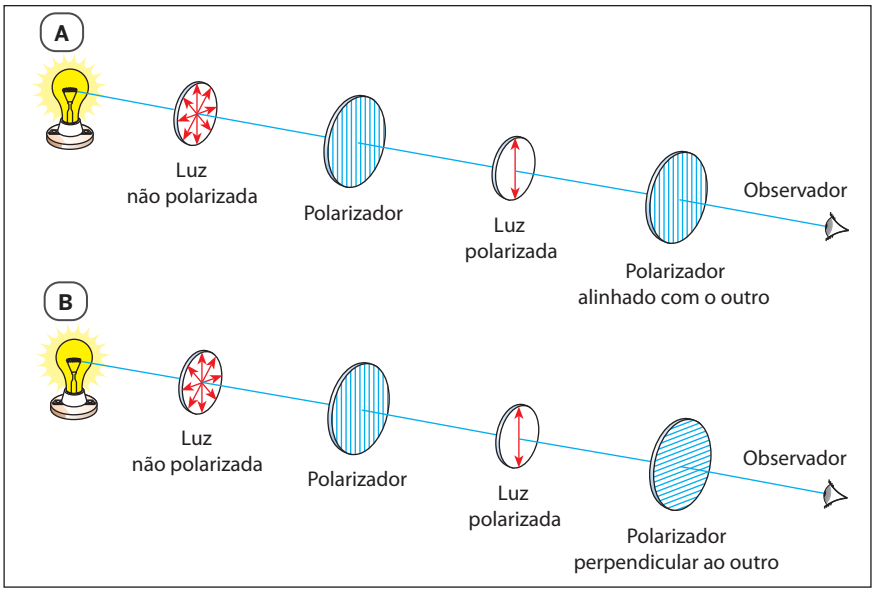


Figura 16. Dois polarizadores posicionados de modo que a passagem de luz através de ambos seja (A) máxima e (B) mínima.

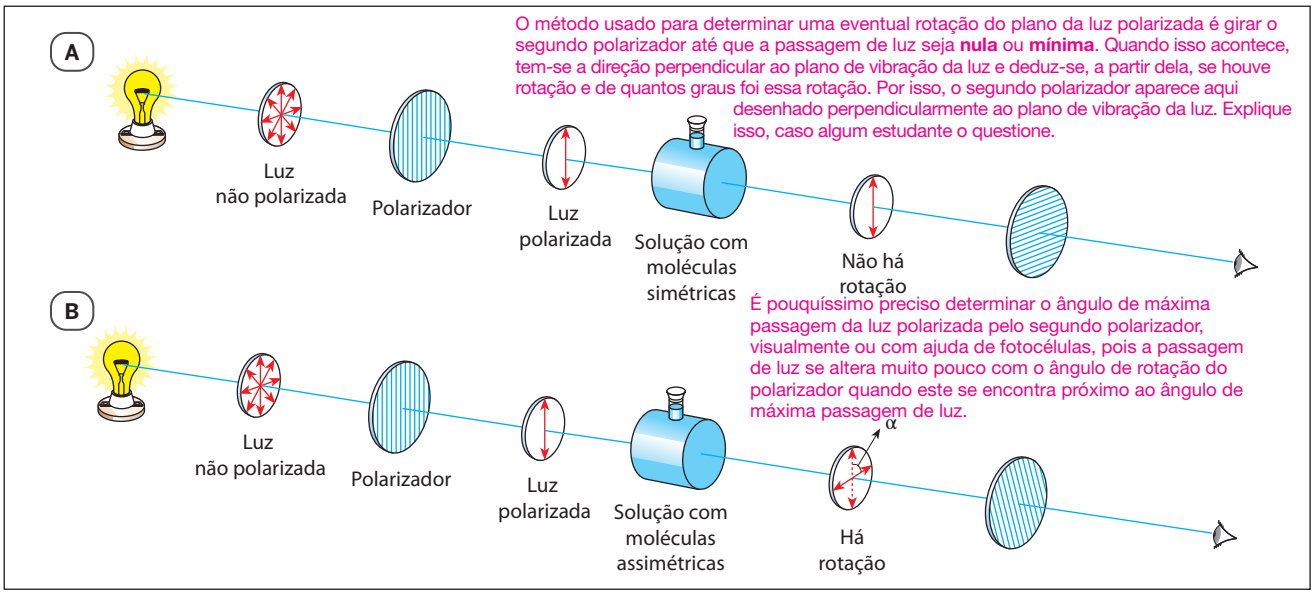


ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: KLEIN, D. *Op. cit.* p. 195.

Figura 17. (A) Na montagem experimental deste esquema, o observador é capaz de enxergar a luz que vem da lâmpada porque os polarizadores estão alinhados. (B) Nessa outra montagem, o observador não é capaz de enxergar a luz que vem da lâmpada ou a enxerga com pequeníssima intensidade, pois os polarizadores estão com as direções de polarização perpendiculares entre si. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Se luz polarizada atravessar um frasco contendo uma substância cujas moléculas sejam assimétricas, verifica-se que o plano de vibração da luz polarizada sofre um desvio (Fig. 18).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023. p. 1130.

Figura 18. (A) O plano da luz polarizada não é rotacionado ao passar por um frasco contendo apenas moléculas simétricas. Dizemos que o composto é **opticamente inativo**. (B) O plano da luz polarizada é rotacionado ao passar por um frasco contendo moléculas assimétricas. Nesse caso, o composto é considerado **opticamente ativo**. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Um dos enantiômeros desvia o plano da luz polarizada no sentido horário, sendo chamado de **dextrorrotatório**, ou **dextrogiro**. O outro isômero óptico desvia o plano da luz polarizada no sentido anti-horário, recebendo a designação de **levorrotatório**, ou **levogiro**. No início do nome do composto, são inseridas as indicações (+) ou D para o dextrorrotatório e (–) ou L para o levorrotatório.

Assim, dois enantiômeros diferem na propriedade óptica chamada **desvio do plano da luz polarizada**.

Se forem testadas duas soluções de mesma concentração, uma de cada enantiômero, o desvio do plano da luz polarizada terá o mesmo valor, medido em graus, nos dois casos. A única diferença é que uma das soluções o desvia no sentido horário e a outra, no anti-horário.

Se uma solução contendo os dois enantiômeros em iguais concentrações for testada, verifica-se que ela não desvia o plano da luz polarizada. Essa mistura, que é opticamente inativa, recebe o nome de **mistura racêmica** ("racêmico" deriva de uma palavra do latim que significa "cacho de uva"). O cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) estudou, em 1848, o ácido tartárico, encontrado na uva. Ao cristalizar tal substância (na verdade, era uma mistura racêmica), percebeu que os cristais eram assimétricos e alguns eram a imagem especular dos outros. Ele separou os dois tipos de cristais manualmente, usando uma pinça e visualizando-os com uma lupa, obtendo os isômeros opticamente ativos do ácido tartárico.

Os enantiômeros comportam-se de modos diferentes quando envolvidos em reações químicas com reagentes cujas moléculas também sejam assimétricas – caso, por exemplo, das proteínas. Essa é a explicação para o fato de eles, em geral, possuírem diferentes efeitos fisiológicos, isto é, efeitos distintos sobre nosso organismo.

Para esclarecer isso, considere a Figura 19.A, em que é mostrado um modelo molecular que pode representar uma molécula de um hormônio produzido pelo nosso corpo ou de um fármaco que contêm átomo de carbono assimétrico com os ligantes A, B, C e D. O esquema representa a interação adequada dos ligantes A, B e C com outra molécula, também assimétrica, que é o alvo desse hormônio ou fármaco no organismo. Já na Figura 19.B, o modelo molecular mostrado é do enantiômero, que, apesar de também conter átomo de carbono assimétrico com os ligantes A, B, C e D, apresenta uma configuração espacial desses ligantes que não favorece a interação adequada com a molécula alvo, o que faz com que não tenha o mesmo efeito fisiológico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

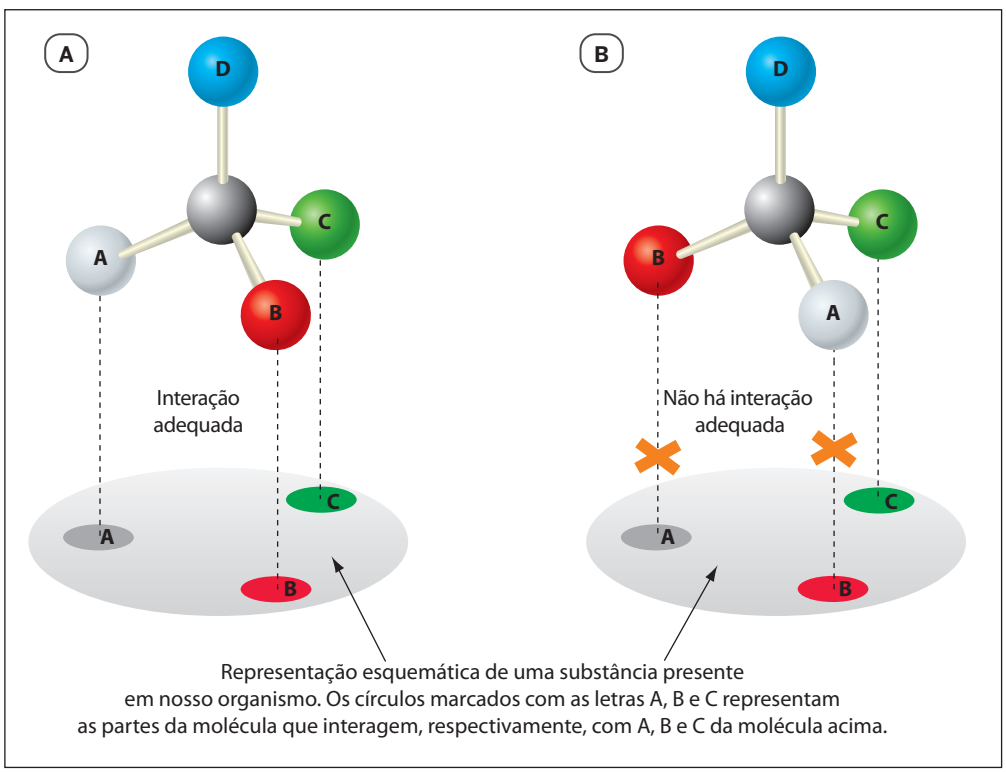


Figura 19. Esquematização de que um composto quiral (A) e o seu enantiômero (B) podem não interagir igualmente com substâncias quirais presentes no nosso organismo. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: TIMBERLAKE, K. **General, Organic, and Biological Chemistry**: structures of life. 6. ed. Harlow: Pearson, 2021. p. 564.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

SAÚDE | CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fármacos quirais

No início da década de 1960, a Alemanha apresentou diversos casos de crianças que nasciam deformadas. Os braços não cresciam, tinham menos dedos ou nenhum [...]. Posteriormente, uma cuidadosa pesquisa apurou que a origem das malformações devia-se a uma substância que as mães haviam ingerido como tranquilizante durante a gravidez: a **talidomida**. Esta encontrava-se presente também em xaropes para tosse e era recomendada para reduzir os sintomas de enjoo comuns durante a gravidez. Supõe-se que a substância age sobre o embrião humano entre os 28^{o} e 42^{o} dias após a concepção, momento no qual formam-se os braços.

Esse composto tem um átomo de carbono quiral e existem dois enantiômeros, (+) e (−). O medicamento empregado consistia de uma mistura racêmica. Depois da retirada do mercado, descobriu-se que somente o enantiômero (−) tem propriedades teratogênicas, isto é, que produzem alterações durante a gravidez, enquanto o enantiômero (+) induz ao sono.

De maneira dramática, a talidomida evidenciou que a geometria ao redor de um único átomo de carbono pode dar lugar a um medicamento ou a uma substância perigosa.

Fonte: GARRITZ, A.; CHAMIZO, J. A. **Química**. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2003. p. 347-348.

Em equipes, realizem as atividades.

1. Pesquisem a fórmula estrutural da talidomida e, analisando-a, determinem qual dos átomos de carbono é quiral.
2. Investiguem a fórmula estrutural do fármaco citalopram (nome genérico) e localizem nela o átomo de carbono quiral. Que previsão vocês fazem sobre a atividade farmacológica dos enantiômeros do citalopram? Justifiquem. É correto dizer que o citalopram é uma mistura racêmica? Por quê?
3. Pesquisem o fármaco de nome genérico escitalopram e expliquem que relação existe entre ele e o citalopram.
4. Fundamentados nas respostas anteriores, concluam se, para obter um mesmo efeito terapêutico, a dose indicada de cada um dos dois fármacos, citalopram e escitalopram, deve ser igual ou não. Apresentem argumentos para sustentar a resposta dada pela equipe.
5. Pesquisem o que é **catálise assimétrica** e qual sua importância na indústria de medicamentos.
6. O naproxeno (nome genérico) é um anti-inflamatório e analgésico fabricado por catálise assimétrica. Pesquisem a fórmula estrutural dele, indicando o carbono quiral existente na molécula. Representem esquematicamente a disposição dos ligantes ao redor desse átomo de carbono.
7. Fundamentados na sua pesquisa, deduzam a representação do enantiômero do naproxeno que não atua como fármaco.
8. Elaborem um registro das respostas para entregar ao professor (em papel ou por meio digital, conforme determinação dele) e, no momento que ele indicar, para compartilhar também com os colegas.

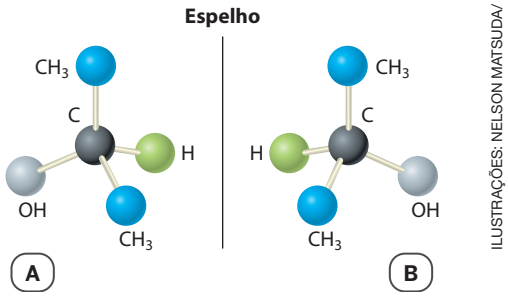
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

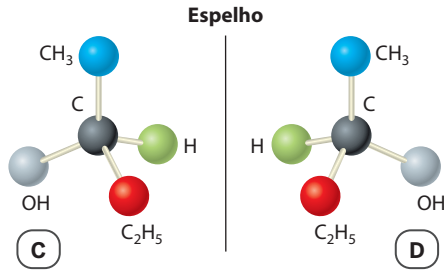
18. Em dois frascos tem-se duas substâncias cujas moléculas são representadas pelas estruturas **A** e **B**.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Essas estruturas representam enantiômeros? Explique.

19. Em dois frascos tem-se duas substâncias cujas moléculas são representadas pelas estruturas **C** e **D**.



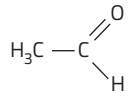
ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

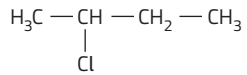
Essas estruturas representam enantiômeros? Explique.

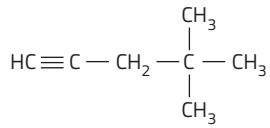
CONTINUA

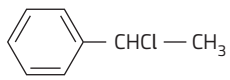
20. Quais das moléculas representadas a seguir têm átomo de carbono quiral (carbono assimétrico)?

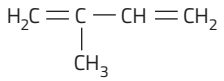
20. b, d, f

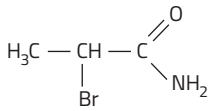
a. 

b. 

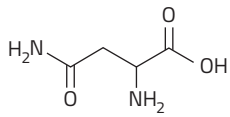
c. 

d. 

e. 

f. 

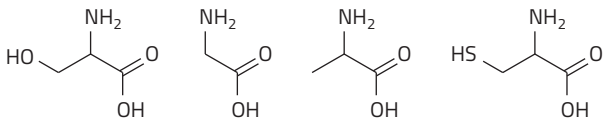
21. Um exemplo interessante de enantiômeros que apresentam efeitos fisiológicos diferentes é o da asparagina. Um deles estimula as papilas linguais, produzindo a sensação de sabor doce. O outro enantiômero não apresenta sabor. Determine qual é o átomo de carbono quiral presente na estrutura da asparagina.


asparagina

22. (Uerj) Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas.

22. b

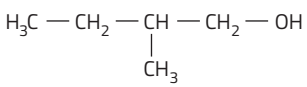
Observe, a seguir, a estrutura química de quatro aminoácidos.


serina — glicina — alanina — cisteína

O único desses aminoácidos que **não** apresenta enantiômeros é:

a. serina
b. glicina
c. alanina
d. cisteína

23. Um frasco contém uma substância pura **A**, incolor, líquida a 25 °C e 1 atm, identificada por meio da fórmula estrutural e do nome a seguir:


2-metilbutan-1-ol

Testes revelaram que a temperatura de ebulição dessa substância, a 1 atm, é 129 °C e que sua densidade, a 20 °C, vale 0,816 g/cm^3. Uma solução aquosa dessa substância, de concentração 1,0 g/cm^3, em um tubo transparente de comprimento 10 cm, provocou um desvio do plano da luz polarizada amarela emitida por uma lâmpada de vapor de sódio de 5,90° no sentido horário.

Outro frasco contém uma substância pura **B** que, testada, revelou propriedades idênticas às de **A**, exceto o desvio do plano da luz polarizada, que foi de 5,90° no sentido anti-horário.

a. Explique a razão da diferença na atividade óptica das substâncias **A** e **B**.

b. Preveja qual será a rotação do plano da luz polarizada se for testada uma solução aquosa contendo concentrações iguais de **A** e **B**. Explique em que se fundamenta sua previsão.

24. Considere a tabela a seguir, referente aos dois enantiômeros do álcool chamado butan-2-ol.

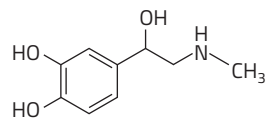
Algumas propriedades dos enantiômeros do butan-2-ol, a 1 atm de pressão

Propriedade	Dextrorrotatório	Levorrotatório
Temperatura de fusão (°C)	−88,4	*a*
Temperatura de ebulição (°C)	99,4	*b*
Solubilidade em água a 25 °C (g/100 g de água)	22,1	*c*
Densidade a 20 °C (g/mL)	0,806	*d*
Rotação do plano da luz polarizada (em graus, tubo de 10 cm de comprimento, solução de concentração 1 g/cm^3)	+13,5	*e*

Fontes: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 3. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 10; *Idem*: seção 10. p. 37; CAREY, F. A. *et al*. **Organic Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. p. 144.

Escreva em seu caderno os valores que correspondem às letras *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, referentes às propriedades do enantiômero levorrotatório.

25. O hormônio adrenalina, que também é conhecido como epinefrina, é produzido nas glândulas suprarrenais e liberado na corrente sanguínea, por exemplo, em situações de susto ou medo. A fórmula estrutural da adrenalina é:



a. Quais as classes funcionais presentes na molécula?

b. Quantos carbonos quirais existem nela?

c. Os enantiômeros que correspondem à fórmula estrutural mostrada devem apresentar o mesmo efeito em nosso organismo? Explique.

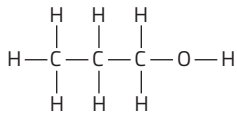
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (PUC-SP) O álcool propan-1-ol

1. c



é um exemplo de um dos isômeros de fórmula C_3H_8O. O número total de isômeros com essa fórmula é:

a. 1. **b.** 2. **c.** 3. **d.** 4. **e.** 5.

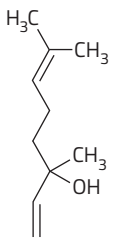
2. (Unic-MT) O butan-1-ol possui a fórmula molecular $C_4H_{10}O$. Pertencendo ao mesmo grupo funcional, quantos isômeros planos podem ser formados com a mesma fórmula molecular (incluindo o butan-1-ol)?

2. c

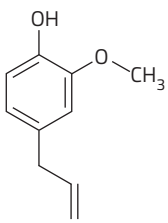
a. dois
b. três
c. quatro
d. cinco
e. seis

3. (Fuvest-SP) As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:

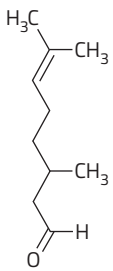
3. d



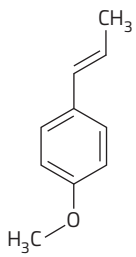
linalol



eugenol



citronelal



anetol

Dentre esses compostos, são isômeros:

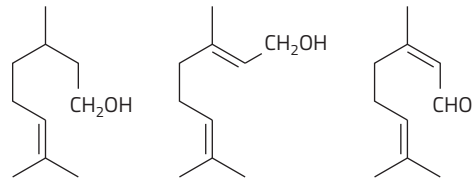
a. anetol e linalol.
b. eugenol e linalol.
c. citronelal e eugenol.
d. linalol e citronelal.
e. eugenol e anetol.

4. (UEMG) Há cinco compostos diferentes com a fórmula C_7H_8O. Considerando a estrutura de cada um desses compostos, todas as alternativas a seguir estão corretas, **exceto**:

4. a

a. Um deles é um aldeído.
b. Três deles são quimicamente muito semelhantes.
c. Os cinco são isômeros.
d. Todos apresentam o anel benzênico.

5. As estruturas dos três principais componentes responsáveis pelo aroma das rosas estão mostradas a seguir. Eles representam 60% da massa do óleo essencial das rosas (essencial = relacionado à essência, ao perfume).

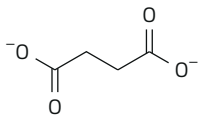


citronelol geraniol neral

Decida qual(is) deles pode(m) dar origem a isômeros geométricos.

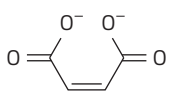
6. (Uerj) Em uma das etapas do ciclo de Krebs, ocorre uma reação química na qual o íon succinato é consumido. Observe a fórmula estrutural desse íon:

6. d

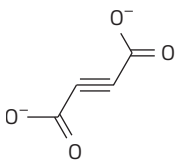


Na reação de consumo, o succinato perde dois átomos de hidrogênio, formando o íon fumarato.
Sabendo que o íon fumarato é um isômero geométrico *trans*, sua fórmula estrutural corresponde a:

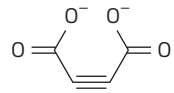
a.



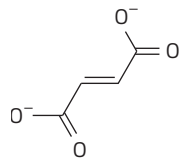
b.



c.



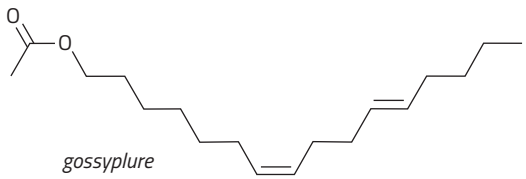
d.



7. (UFRGS-RS) A lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*) é considerada uma das pragas mais importantes do algodoeiro. Armadilhas de feromônio sexual à base de *gossyplure* permitem o monitoramento da infestação e a consequente redução das aplicações de inseticidas.

7. e

Observe a estrutura da molécula de *gossyplure*.



gossyplure

Considere as seguintes afirmações a respeito dessa molécula.

I. Ela apresenta 18 átomos de carbono.
II. Ela apresenta duas ligações duplas C=C com configuração geométrica *cis*.
III. Trata-se de um éster cujo grupamento ligado ao oxigênio é insaturado.

Quais estão corretas?

a. Apenas I. **b.** Apenas II. **c.** Apenas III. **d.** Apenas I e II. **e.** Apenas I e III.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 22

Biomoléculas

OBJETO DIGITAL Vídeo: Legados científicos para a vida

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 3 do volume de Biologia desta coleção.

FABIO COLOMBINI/ARQUIVO DO FOTÓGRAFO

Apesar das aparentes diferenças, a capivara, o suiriri-cavaleiro (o pássaro) e a vegetação dessa foto têm muitas similaridades quando consideramos aspectos bioquímicos de seus organismos. (Pantanal, MT, 2023.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A diversidade da vida é impressionante. Uma baleia não dá à luz morcegos, tampouco uma ursa tem jacarés como filhotes. Um pé de milho não dá mangas como frutos, e um abacateiro não produz bananas. Contudo, por mais acentuadas que possam parecer as diferenças entre as espécies viventes, todas têm em comum grande quantidade de aspectos químicos.

A análise de como os organismos funcionam em nível molecular revelou que todos compartilham características como diversas reações químicas que produzem moléculas necessárias à manutenção e à reprodução das células, e também a forma de codificar e expressar informações genéticas. A existência dessas e outras similaridades químicas entre os seres vivos é uma importante evidência de que todos descendem de um ancestral comum.

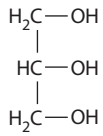
As investigações sobre aspectos químicos da constituição e do metabolismo dos organismos são largamente empregadas nos estudos sobre a evolução da vida. Essas investigações são realizadas pela Bioquímica, área que estuda as **biomoléculas** (moléculas que constituem os seres vivos), as interações que acontecem entre elas, a maneira como são sintetizadas e organizadas nas estruturas celulares, os mecanismos para armazenar e expressar informações genéticas, e os processos químicos envolvidos na obtenção de energia para sobrevivência.

Nos estudos bioquímicos, um papel de grande destaque é desempenhado pelos compostos orgânicos. Neste capítulo, aplicaremos o que foi estudado sobre eles, nos dois capítulos anteriores, para a compreensão da estrutura química de classes importantes de biomoléculas, como lipídios, proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos.

1. Triacilgliceróis

Glicerol e ácidos graxos

Os óleos e as gorduras originados em seres vivos têm como importantes constituintes os triésteres de ácidos graxos e glicerol, que são denominados **triacilgliceróis** (ou **triglicéridos**, ou **glicerídios**). Como são ésteres, derivam de álcool e ácido. O álcool em questão é o **glicerol**, ou **glicerina**:



glicerol (um triálcool)

Como esse álcool possui três grupos hidroxila, ele pode formar um triéster, ou seja, um composto que possua três grupos funcionais éster (— COO —). Os ácidos que, ao reagirem com o glicerol, formam os óleos e as gorduras são os **ácidos graxos**, ácidos carboxílicos de moléculas longas, geralmente com doze ou mais átomos de carbono. São exemplos de ácidos graxos:

$H_3C[CH_2]_{12}COOH$	mirístico (14 C)
$H_3C[CH_2]_{14}COOH$	palmítico (16 C)
$H_3C[CH_2]_{16}COOH$	esteárico (18 C)
$H_3C[CH_2]_5CH=CH[CH_2]_7COOH$	palmitoleico (16 C)
$H_3C[CH_2]_7CH=CH[CH_2]_7COOH$	oleico (18 C)
$H_3C[CH_2]_4CH=CHCH_2CH=CH[CH_2]_7COOH$	linoleico (18 C)

Os ácidos graxos podem ser divididos em três grupos: **saturados**, que apresentam apenas ligações simples entre átomos de carbono, **monoinsaturados**, que possuem uma ligação dupla C=C, e **poli-insaturados**, que têm duas ou mais ligações duplas C=C na estrutura. Nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), os ácidos graxos saturados geralmente são sólidos (temperatura de fusão superior a 25 °C) e os ácidos graxos insaturados geralmente são líquidos (temperatura de fusão inferior a 25 °C). A explicação para essa diferença está ligada à estrutura molecular dos compostos. Os ácidos graxos saturados apresentam moléculas lineares, e os insaturados, moléculas recurvadas (Fig. 1).

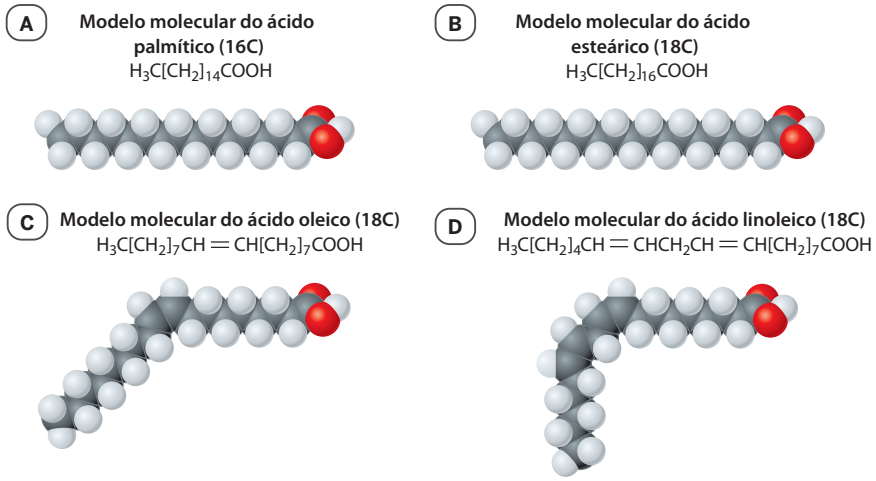


Figura 1. Modelo molecular de dois ácidos graxos saturados, (A) palmítico e (B) esteárico, de um ácido graxo monoinsaturado, (C) oleico, e de um ácido graxo poli-instaurado, (D) linoleico. (Átomos representados por esferas. Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, preto – carbono, vermelho – oxigênio.)

Para ocorrer solidificação, as moléculas devem se dispor em um arranjo ordenado e compactado que constitui o sólido, arranjo favorecido pela linearidade das moléculas dos ácidos graxos saturados, mas não pelo formato recurvado das moléculas dos ácidos graxos insaturados (Fig. 2). Como consequência, os primeiros se solidificam mais facilmente e apresentam temperaturas de fusão mais altas.

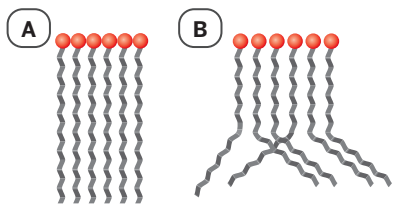


Figura 2. (A) Esquematização indicando que as moléculas do ácido esteárico (saturado) favorecem a formação de um cristal sólido e, consequentemente, a solidificação. (B) Já no caso do ácido oleico (insaturado), o formato das moléculas não favorece a formação do cristal, o que se reflete em uma temperatura de fusão mais baixa. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

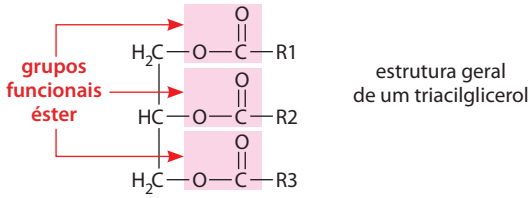
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

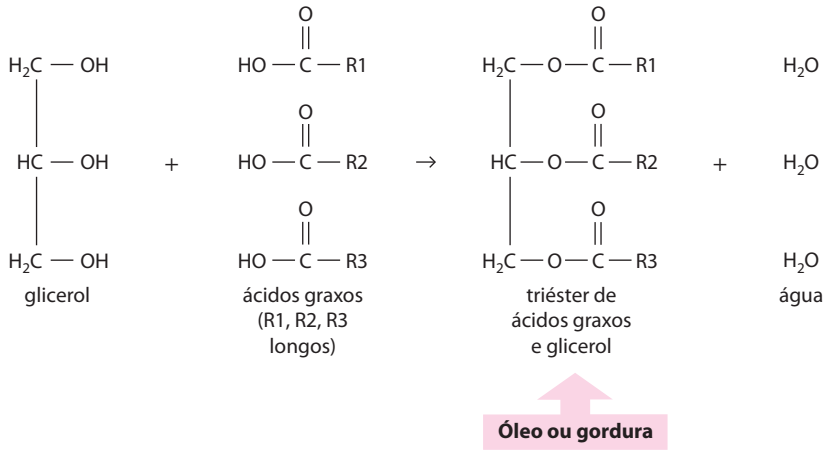
Estrutura dos triacilgliceróis

Em um triacilglicerol, os três grupos —OH do glicerol estão esterificados com ácidos graxos, resultando em uma molécula com a seguinte estrutura geral:



na qual R1, R2 e R3 são longos grupos formados por carbono e hidrogênio, provenientes de ácidos graxos.

A formação de triacilgliceróis por meio de reação de esterificação em que os reagentes são glicerol e ácidos graxos pode ser assim equacionada:



Em condições ambientes, as gorduras são sólidas e os óleos são líquidos, diferença que está relacionada à estrutura dos grupos R1, R2 e R3. Nas gorduras, esses grupos são geralmente saturados, e, nos óleos, apresentam uma ou mais insaturações. Em óleos e gorduras naturais, os triacilgliceróis presentes podem ser derivados de mais de um ácido graxo diferente (Figuras 3, 4 e 5). Quanto maior a quantidade de grupos R1, R2 e R3 saturados nos triacilgliceróis, maior a tendência de o material ser uma gordura. Por outro lado, quanto mais grupos R1, R2 e R3 insaturados, maior a propensão para ser um óleo.

JIL PHOTO/SHUTTERSTOCK

Figura 3. O azeite de oliva (isto é, extraído de azeitonas) é rico em triacilgliceróis derivados de ácidos graxos monoinsaturados.

DREAM79/SHUTTERSTOCK

Figura 4. O óleo extraído do girassol é um dos mais ricos em triacilgliceróis derivados de ácidos graxos poli-insaturados.

DREAM79/SHUTTERSTOCK

Figura 5. Os triacilgliceróis presentes naturalmente no abacate são derivados de diferentes ácidos graxos, predominantemente ácido palmítico (saturado) e ácido oleico (monoinsaturado).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Triacilgliceróis são materiais de reserva energética. Quando metabolizados, tanto os lipídios quanto os carboidratos e os aminoácidos (dois grupos de biomoléculas estudados a seguir) podem fornecer energia para o funcionamento do organismo humano. Os lipídios são, no entanto, mais calóricos que os outros dois tipos de nutrientes. Cada grama de carboidrato ou aminoácido metabolizado para obter energia fornece 4 quilocalorias. Já um grama de lipídio fornece 9 quilocalorias.

Os triacilgliceróis são usados como matéria-prima para a produção dos sabões, em uma reação química conhecida como saponificação, que é promovida ao aquecer gordura ou óleo com solução aquosa de uma base forte, como hidróxido de sódio ou de potássio. A estrutura dos sabões e o mecanismo de sua atuação na limpeza foram discutidos no Capítulo 9.

Dialogando com o texto

As substâncias biológicas conhecidas como **lipídios** englobam outros tipos de moléculas além dos triacilgliceróis, como os **diacilgliceróis**, os **monoacilgliceróis** e o **colesterol**. Pesquise na internet as fórmulas estruturais desses compostos e deduza, pelas estruturas, quais deles podem ser considerados ésteres de ácidos graxos.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

SAÚDE

Gordura *trans*

As insaturações C ═ C presentes nos óleos, que são líquidos, podem sofrer hidrogenação catalítica (isto é, adição de H_2 na presença de catalisador) e dar origem a gorduras saturadas, que são sólidas.

Esse processo é empregado para transformar os óleos de milho, soja, girassol e outros em materiais pastosos, utilizados no preparo de margarinas.

As margarinas contêm, além de óleos vegetais hidrogenados, outros componentes, como leite, vitamina A, aromatizantes e corantes.

Anteriormente, era comum hidrogenar todas as insaturações presentes na cadeia carbônica. Essa prática foi modificada. Há evidências médicas de que os triacilgliceróis saturados, quando ingeridos em grande quantidade, podem provocar acúmulo de lipídios nas artérias, diminuindo o fluxo sanguíneo e conduzindo a problemas circulatórios e cardíacos.

As margarinas são fabricadas atualmente, em sua maioria, a partir de óleos poli-insaturados, com **hidrogenação de apenas parte das insaturações**, o que minimiza a presença de triacilgliceróis saturados.

Durante o processo industrial de hidrogenação, parte dos ácidos graxos *cis* (configuração natural) transforma-se em ácidos graxos *trans*, que não existem na natureza. Esses são até mais prejudiciais à saúde vascular e cardíaca do que os ácidos graxos saturados.

Triacilgliceróis de ácidos graxos *trans* são conhecidos como **gorduras *trans***. Sua presença e sua quantidade devem ser informadas nos rótulos de produtos alimentícios (Fig. 6).

DOTTA2/NEXT IMAGE

Figura 6. Rótulo de produto de panificação que informa a ausência de gorduras *trans* (texto apontado pela seta aplicada sobre a foto).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

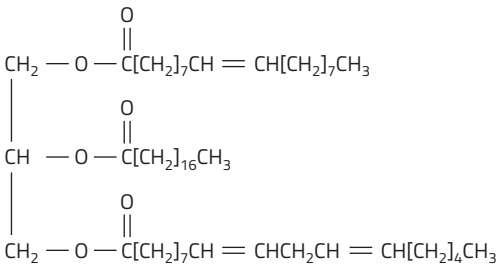
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Os triacilgliceróis são importantes componentes dos óleos e das gorduras provenientes de plantas ou de animais. Elabore uma fórmula estrutural que represente, de forma genérica, esses constituintes dos óleos e gorduras de origem vegetal ou animal.

2. A que classe funcional pertencem as substâncias representadas pela fórmula estrutural que você elaborou na atividade anterior?

As atividades 3 e 4 se referem ao seguinte triacilglicerol:



3. Represente a fórmula estrutural dos três ácidos graxos correspondentes a ele.

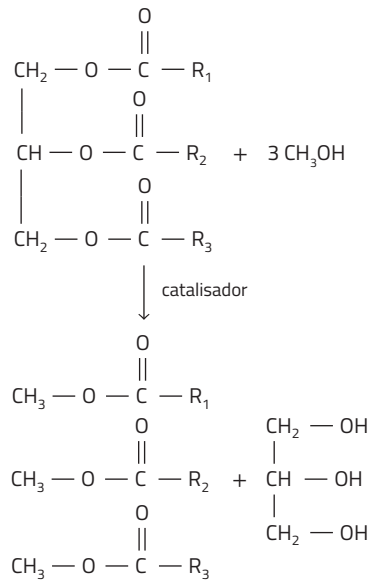
4. Classifique os três ácidos graxos em saturados, monoinsaturados ou poli-insaturados.

5. O conhecimento das valências dos elementos químicos carbono e hidrogênio possibilita prever se determinado ácido graxo é saturado, monoinsaturado ou poli-insaturado. Analise as fórmulas dos ácidos graxos fornecidas a seguir e deduza como cada um deles deve ser classificado com relação a esse critério:

- ácido behênico: $C_{21}H_{43}COOH$
- ácido erúcico: $C_{21}H_{41}COOH$
- ácido gondoico: $C_{19}H_{37}COOH$

6. (Enem) O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel de petróleo para motores de combustão interna.
6. b

Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e álcoois de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador, de acordo com a equação química:



A função química presente no produto que representa o biodiesel é

a. éter.
b. éster.
c. álcool.
d. cetona.
e. ácido carboxílico.

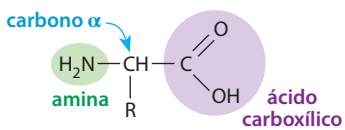
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Aminoácidos e proteínas

Aminoácidos

As proteínas são produzidas pelos organismos vivos a partir de unidades bem menores, denominadas **aminoácidos**, substâncias que, como o próprio nome indica, apresentam os grupos funcionais característicos das classes funcionais ácido carboxílico e amina.

Nos aminoácidos comumente usados na síntese de proteínas, o grupo funcional amina se encontra ligado ao átomo de carbono vizinho à carboxila (—COOH), chamado pelos químicos de carbono alfa (α). Assim, esses aminoácidos são designados como α-aminoácidos, cuja estrutura geral é:



Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

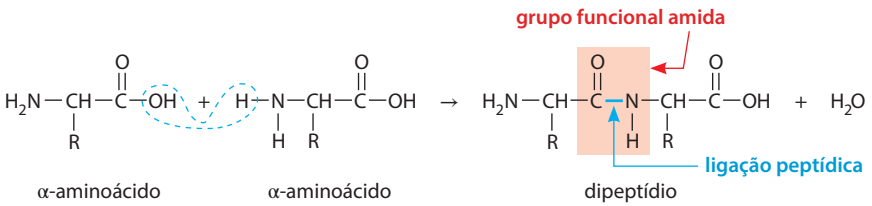
Em equipes, pesquisem a fórmula estrutural dos vinte aminoácidos comuns, aqueles utilizados pelos seres vivos na síntese de proteínas, e verifiquem qual é a estrutura do grupo R de cada um deles.

Aproveitem essa pesquisa para descobrir qual dos vinte não segue exatamente a fórmula geral apresentada no item 2. Qual é esse composto? Em que ele difere da fórmula geral apresentada?

Há vinte aminoácidos comuns na síntese proteica. A diferença entre eles está no grupo R, chamado de grupo lateral ou cadeia lateral (sobre isso, realize a *Atividade em grupo*).

Ligação peptídica e proteínas

Dois aminoácidos podem unir-se por meio de uma reação química de condensação, que resulta na formação de uma molécula de água e de uma substância orgânica com o grupo funcional amida. A ligação química C — N que se estabelece nesse grupo funcional do produto é denominada **ligação peptídica**.



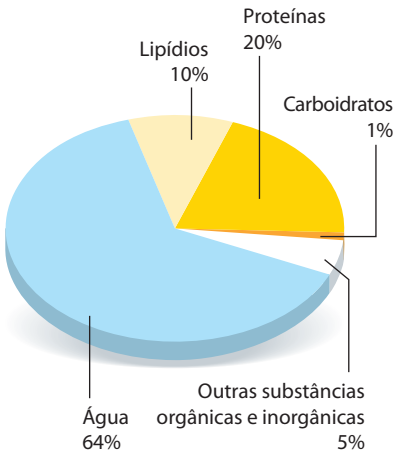
As moléculas resultantes da união de aminoácidos são genericamente denominadas peptídios. Um **dipeptídio** resulta da união de dois aminoácidos; um **tripeptídio**, da união de três; um **polipeptídio**, da união de vários.

Os grandes polipeptídios presentes na natureza são as **proteínas**, que constituem a mais variada classe de moléculas naturais, desempenhando diversas funções nos seres vivos.

As proteínas apresentam moléculas muito grandes e constituem um importantíssimo grupo de substâncias orgânicas presentes em todos os seres vivos. Isso foi percebido há muito tempo pelos cientistas e está expresso na palavra "proteína", que vem do grego e significa "primordial" (Fig. 7). Um número inimaginavelmente grande de proteínas diferentes é encontrado nos organismos.

Estima-se que uma célula humana contenha cerca de nove mil tipos distintos de proteínas e que, ao todo, o corpo humano possua cem mil deles.

Composição típica do organismo humano



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: BERA, T. K. Bioelectrical impedance methods for noninvasive health monitoring: a review. **Journal of Medical Engineering**. jun. 2014. p. 5.

Figura 7. Note que as proteínas respondem pelo segundo lugar, depois da água.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Informação para as atividades 7 a 9:

O mais simples dos α-aminoácidos é a glicina, em cuja estrutura molecular existem dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de carbono que também está ligado aos grupos —NH_2 e —COOH.

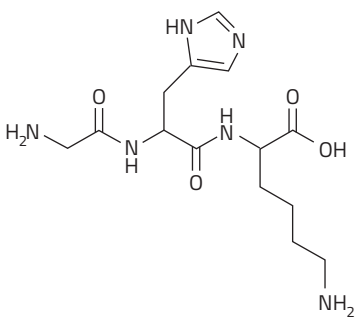
7. Deduza qual é a fórmula estrutural do dipeptídio que resulta da união de duas moléculas de glicina por meio de uma ligação peptídica.

8. Partindo da sua resposta à atividade anterior, deduza a fórmula estrutural do tripeptídio resultante de três moléculas de glicina.

9. Analisando as estruturas que você apresentou anteriormente, conclua qual é a classe funcional orgânica que corresponde ao grupo funcional formado quando uma ligação peptídica é estabelecida.

10. O tripeptídio glicil-histidil-lisina é liberado por algumas células do nosso organismo em resposta a lesões de determinados tecidos.

Evidências científicas indicam que esse tripeptídio natural está relacionado à cicatrização de feridas e à regeneração de tecidos. Sua fórmula estrutural é mostrada a seguir.



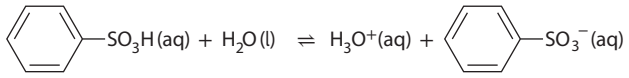
Analise essa fórmula estrutural e localize as **duas** ligações peptídicas presentes (afinal, é um **tri**peptídio). A seguir, deduza qual é a fórmula estrutural de cada um dos aminoácidos envolvidos na síntese desse tripeptídio.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Caráter anfótero de aminoácidos

Caráter ácido de compostos orgânicos

Compostos orgânicos do tipo ácido sulfônico, ácido carboxílico e fenol apresentam a potencialidade de, em meio aquoso, transferirem íons H^+ para moléculas de água, originando íons $H_3O^+(aq)$ na solução aquosa, atuando, portanto, como ácidos. Em linhas gerais, a sequência crescente de força ácida é fenol < ácido carboxílico < ácido sulfônico.

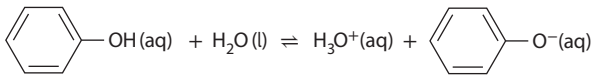


$$\text{—}SO_3H(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + \text{—}SO_3^-(aq)$$

um ácido sulfônico

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

um ácido carboxílico

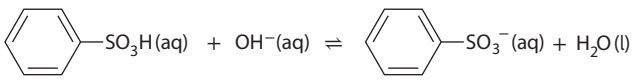


$$\text{—}OH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + \text{—}O^-(aq)$$

um fenol

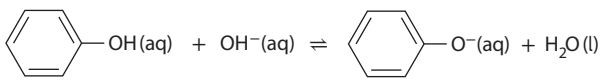
Diferentemente desses compostos, álcoois apresentam uma tendência a transferir H^+ extremamente reduzida, insuficiente para que esse tipo de composto expresse caráter ácido em meio aquoso. Assim, um álcool não altera o *pH* da água pura, quando é nela dissolvido.

O caráter ácido de um ácido sulfônico, de um ácido carboxílico ou de um fenol também é evidenciado quando se adiciona solução de uma base forte (hidróxido de sódio, NaOH, por exemplo) a uma solução aquosa desses compostos, que reagem com os íons hidróxido (OH^-) provenientes da base.



$$\text{—}SO_3H(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons \text{—}SO_3^-(aq) + H_2O(l)$$

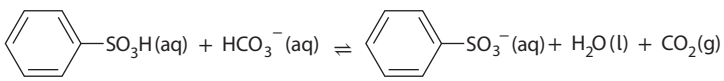
$$CH_3COOH(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$$



$$\text{—}OH(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons \text{—}O^-(aq) + H_2O(l)$$

Diferentemente desses compostos, um álcool, por não apresentar caráter ácido expressivo em meio aquoso, não reage com NaOH.

No Capítulo 18, estudamos que a adição de ácido a uma solução aquosa contendo íons bicarbonato, $HCO_3^-(aq)$, pode provocar a liberação de dióxido de carbono gasoso, $CO_2(g)$, se essa adição aumentar a acidez da solução e o *pH* se reduzir a valores inferiores a 4. Verifica-se experimentalmente que nem álcoois nem fenóis têm, em geral, força ácida suficiente para abaixar o *pH* até esses valores, mas um ácido sulfônico e um ácido carboxílico, sim. Assim, ácido sulfônico e ácido carboxílico reagem com bicarbonato, liberando $CO_2(g)$.



$$\text{—}SO_3H(aq) + HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons \text{—}SO_3^-(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$CH_3COOH(aq) + HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

Os ânions (íons de carga negativa) provenientes de um composto orgânico ácido podem constituir sais orgânicos. A Tabela 1 lista, como exemplos, sais de sódio (isto é, com o cátion Na^+) derivados de alguns ácidos carboxílicos.

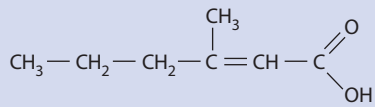
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Há muito tempo os cientistas estudam os processos que ocorrem na pele humana e os motivos que causam o odor desagradável da transpiração. Entre os muitos progressos feitos até aqui está a descoberta de que, entre as substâncias responsáveis por esse mau cheiro, estão alguns ácidos carboxílicos.

Esses compostos malcheirosos são produzidos pelo metabolismo de bactérias que se nutrem de material liberado por glândulas que temos nas axilas. Tais bactérias são encontradas na pele de 90% dos homens e de 60% das mulheres.

Um composto de significativo mau cheiro formado por atividade bacteriana nas axilas é o ácido 3-metil-hex-2-enoico, cuja fórmula estrutural é:



$$CH_3\text{—}CH_2\text{—}CH_2\text{—}\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH\text{—}\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}\text{—}OH$$

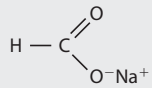
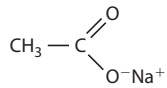
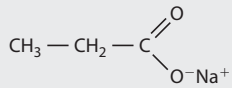
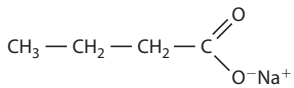
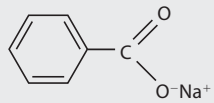
Existe grande variedade de desodorantes no mercado, contendo diversas formulações (mistura de ingredientes). Algumas simplesmente usam perfume para tentar mascarar o cheiro da transpiração. Outras incluem em sua composição substâncias que inibem a atuação de microrganismos e outras, ainda, contêm substâncias que reagem com os ácidos responsáveis pelo odor desagradável e os transformam em íons que não são voláteis e que, por isso, não tendem a vaporizar e chegar às narinas de alguém.

Como exemplos dessa última opção, existem talcos e desodorantes que incluem bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) em sua composição.

Fundamentado nas informações do item 3, preveja os produtos da reação que ocorre, em meio aquoso, entre o íon bicarbonato (HCO_3^-) e o ácido 3-metil-hex-2-enoico. Feita essa previsão, represente no caderno essa transformação por meio de uma equação química.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tabela 1. Exemplos de sais de sódio derivados de ácidos carboxílicos

Nome do ácido	Nome e fórmula do sal de sódio	
metanoico	metanoato de sódio	
etanoico (acético)	etanoato de sódio (acetato de sódio)	
propanoico	propanoato de sódio	
butanoico	butanoato de sódio	
benzoico	benzoato de sódio	

Fonte: Tabela elaborada pelos autores.

Caráter básico de compostos orgânicos

Existe uma classe funcional orgânica que se destaca por ser a responsável pela maior parte dos casos de compostos orgânicos de caráter básico e, por isso, será o objeto de estudo neste item: as aminas. Para compreender o caráter básico das aminas, recordemos inicialmente a equação química que representa a reação da amônia com água, apresentada no Capítulo 7.

$$\underset{\text{amônia}}{NH_3\,(aq)} + H_2O\,(l) \rightleftharpoons \underset{\text{amônio}}{NH_4^+\,(aq)} + OH^-\,(aq)$$

Nesse processo, há transferência de um H^+ da água para a amônia. Após perder H^+, a molécula de água se transforma em ânion (íon negativo) hidróxido, OH^-, e, após receber H^+, a molécula de amônia se transforma em cátion (íon positivo) amônio, NH_4^+.

Com finalidade didática, podemos pensar em uma amina como resultante da substituição de um, dois ou três átomos de hidrogênio de uma molécula de amônia por grupos como $-CH_3$, $-CH_2CH_3$ ou $-CH_2CH_2CH_3$. Percebida essa similaridade, é possível compreender a reação que ocorre entre uma amina e a água quando a amina é dissolvida nesse solvente. Exemplos dessas reações são assim equacionados:

$$\underset{\text{metilamina}}{H_3C-NH_2\,(aq)} + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3C-NH_3^+\,(aq) + OH^-(aq)$$

$$\underset{\text{dimetilamina}}{H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{NH}}\,(aq)} + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{NH_2^+}}\,(aq) + OH^-(aq)$$

$$\underset{\text{trimetilamina}}{H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}-CH_3\,(aq)} + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{N^+}}}}-CH_3\,(aq) + OH^-(aq)$$

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

O íon H^+ transferido entre duas espécies químicas (moléculas ou íons) pode ser chamado de **próton**, pois corresponde ao núcleo de um átomo de hidrogênio, que, na maioria dos casos (99,99% deles), é constituído de apenas um próton.

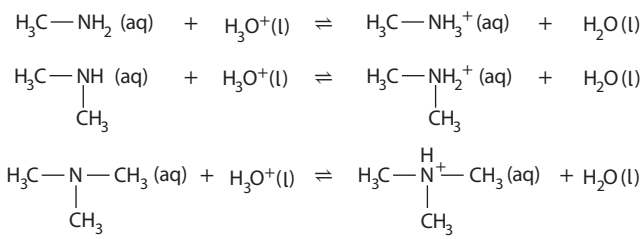
Assim, quando uma espécie química recebe H^+, dizemos que ela foi **protonada**. Em contrapartida, quando uma espécie química perde H^+, dizemos que ela foi **desprotonada**.

Após estudar o subitem *Caráter básico de compostos orgânicos*, determine qual espécie foi protonada e qual foi desprotonada em cada uma das reações equacionadas.

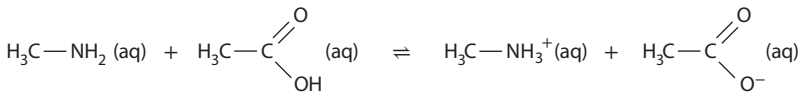
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em todos esses casos, ocorre transferência de íons H^+ da molécula de água para a molécula de amina, processo que transforma a água em íon hidróxido e a amina em um íon genericamente denominado cátion amônio orgânico.

O caráter básico das aminas também é evidenciado por sua reação com ácidos. No caso de ácidos fortes em solução, como HCl, HNO_3 ou H_2SO_4, os íons oxônio (H_3O^+) aquosos, produzidos na ionização desses ácidos, reagem com a amina, transferindo íons H^+ para ela, como equacionado nos seguintes exemplos:



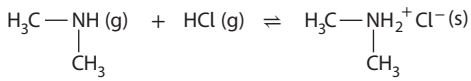
Quando o ácido é fraco, como é o caso da maioria dos ácidos carboxílicos, podemos equacionar o processo considerando a transferência de H^+ diretamente do ácido para a amina, conforme exemplificado pela equação da reação entre metilamina e ácido acético:



A transferência direta de H^+ de um ácido para uma base também acontece quando a reação ocorre fora do meio aquoso, por exemplo, na reação entre cloreto de hidrogênio, HCl, e uma amina em fase gasosa. A fotografia da Figura 8 exemplifica esse acontecimento. Nela, uma solução aquosa de HCl é vagarosamente adicionada a uma solução aquosa de dimetilamina, $(H_3C)_2NH$. Como esses dois solutos são compostos moleculares muito voláteis, ocorre desprendimento de um pouco de HCl e de $(H_3C)_2NH$ gasosos. Assim, além da reação que ocorre em fase aquosa, parte desses dois compostos reage em fase gasosa.

Neste último caso, há transferência direta de H^+ da molécula de HCl para a de $(H_3C)_2NH$, o que forma íons que se atraem fortemente e, devido a essa atração, constituem pequenos cristais de um composto iônico sólido branco.

A equação dessa reação é:



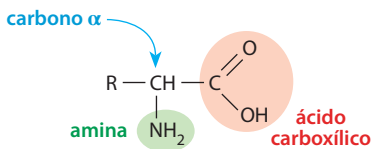
Na foto, a fumaça branca apresenta minúsculos cristais desse sólido formado na reação (chamado cloreto de dimetilamônio).

DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 8. Adição de solução aquosa de ácido clorídrico a uma solução aquosa de dimetilamina. A fumaça branca vista na foto é explicada no texto. **Esse experimento NÃO deve ser feito pelos estudantes porque as soluções desprendem gases tóxicos e muito corrosivos.**

Caráter anfótero de compostos orgânicos

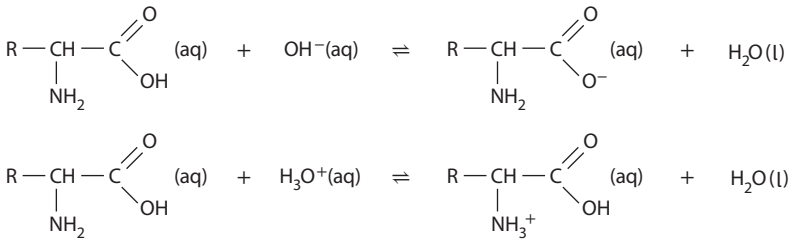
Conforme comentamos no item 2, as proteínas existentes nos seres vivos são sintetizadas nas células a partir de compostos denominados α-aminoácidos, que, de modo geral, apresentam a estrutura que está representada a seguir. Trata-se de um composto pertencente às classes funcionais amina e ácido carboxílico, daí o nome aminoácido. O que distingue os diferentes α-aminoácidos empregados na síntese proteica é o grupo R.



Na estrutura de um α-aminoácido, o grupo característico da classe funcional amina (— NH_2) está ligado ao carbono α (alfa), nome dado ao átomo de carbono vizinho ao grupo — COOH.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Já que na estrutura dos α-aminoácidos existem grupos das classes ácido carboxílico e amina, esse tipo de composto pode atuar como ácido ou base. Analise as duas equações a seguir, que representam reações químicas de um α-aminoácido.



Na primeira, o aminoácido atua como ácido e, na segunda, como base. Dizemos que os aminoácidos possuem **caráter anfótero**, ou seja, podem atuar como ácido ou base, dependendo da substância com que reagem.

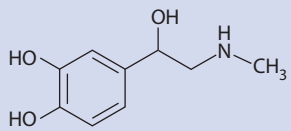
De modo geral, podemos dizer que uma substância orgânica possuirá caráter anfótero se apresentar um grupo funcional de propriedades ácidas (ácido sulfônico, ácido carboxílico, fenol) e outro de propriedades básicas (amina).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

A adrenalina (também denominada epinefrina) é um hormônio produzido pelas glândulas suprarrenais e liberado na corrente sanguínea em situações de medo ou estresse. Entre outros efeitos, essa liberação causa aumento da frequência cardíaca.

Quanto às propriedades químicas, a adrenalina apresenta caráter anfótero. Sua fórmula estrutural é:



Interprete essa fórmula e reproduza-a no caderno indicando quais são os grupos funcionais responsáveis pelo caráter anfótero da substância.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

SAÚDE | CIDADANIA E CIVISMO | ODS 3

Serotonina e depressão

A serotonina é um importante neurotransmissor, um hormônio local no intestino e um componente do processo de coagulação das plaquetas [...].

[...]

Os neurônios cerebrais serotoninérgicos [aqueles em que o neurotransmissor é a serotonina] estão envolvidos em numerosas funções, como humor, sono, apetite e regulação da temperatura, bem como percepção de dor, regulação da pressão arterial e vômitos. Há claras evidências de que a serotonina está envolvida na depressão psiquiátrica e indícios de que tenha relação também com a ansiedade e a enxaqueca.

Fonte: VANDERAH, T. W. (ed.). **Katzung's Basic Clinical Pharmacology**. 16. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024. *E-book*. (Tradução dos autores.)

A melatonina é uma substância indutora do sono sintetizada pelo organismo a partir da serotonina. Está envolvida na regulação do ritmo circadiano (ciclo vigília-sono) e é produzida principalmente à noite. [Fig. 9.]

Fonte: DEVLIN, T. M. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 808.

ALIHAN USULLU/GETTY IMAGES

Figura 9. A exposição à luz artificial antes de dormir pode atrapalhar na produção de melatonina e, consequentemente, afetar a qualidade do sono. Profissionais da área da saúde recomendam evitar telas de celulares, computadores e televisores por pelo menos uma hora antes de dormir.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Em equipes, realizem as atividades a seguir.

1. Investiguem o que é um **neurotransmissor** e expliquem o que significa dizer que a serotonina atua como um.
2. Pesquisem e registrem no caderno a fórmula estrutural da serotonina. Utilizem essa fórmula para explicar por que essa substância apresenta caráter anfótero.
3. Pesquisem e escrevam no caderno a fórmula estrutural da melatonina. Por que essa substância apresenta apenas caráter básico e não caráter anfótero?
4. A **depressão** é um distúrbio bioquímico relacionado, entre outros fatores, à redução da quantidade de serotonina que atua entre determinados neurônios do cérebro. O doente precisa de acompanhamento de um médico psiquiatra para que receba o tratamento adequado. Devido às características da doença, o indivíduo, às vezes, reluta em procurar ajuda. O apoio familiar é muito importante para que ele busque auxílio médico e realize o tratamento de forma correta (Fig. 10). Pesquisem as informações que considerarem necessárias a respeito disso e produzam um vídeo que divulgue à comunidade que a depressão não é motivo de vergonha para o doente e que ele precisa de ajuda especializada. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

PROSTOCK-STUDIO/ISTOCK/GETTY IMAGES

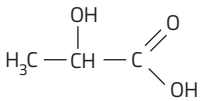
Figura 10. Ao notar que apresenta sintomas que podem ser de depressão, uma pessoa deve concordar em procurar auxílio profissional para diagnóstico médico correto e tratamento adequado.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

11. O sabor azedo de iogurtes e coalhadas deve-se à presença de ácido láctico, cuja fórmula estrutural é a seguinte:



ácido láctico

a. Reproduza essa fórmula no caderno e identifique nela os dois grupos funcionais presentes.

b. Indique a que classes funcionais esse composto pertence devido à presença dos grupos funcionais respondidos anteriormente.

c. Considerando que um desses dois grupos funcionais confere acidez ao composto, equacione a ionização do ácido láctico em solução aquosa.

12. Uma química, ao misturar vinagre com uma solução aquosa de soda cáustica (hidróxido de sódio), promoveu a ocorrência de uma reação química de neutralização ácido-base.

a. Qual é o nome do ácido presente no vinagre?

b. Represente a fórmula estrutural do ânion derivado desse ácido, que se forma em solução aquosa na reação de neutralização mencionada.

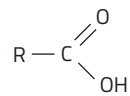
c. Represente e dê o nome do sal derivado do ácido carboxílico do vinagre e do hidróxido de sódio.

13. Um antigo saber popular em Química recomenda passar um pouco de leite de magnésia nas axilas como desodorante para evitar mau cheiro devido ao suor. O leite de magnésia é uma suspensão aquosa de hidróxido de magnésio sólido, $Mg(OH)_2(s)$. A parte líquida desse produto é uma solução aquosa de hidróxido de magnésio, na qual esse soluto está dissociado em cátions magnésio, $Mg^{2+}(aq)$, e ânions hidróxido, $OH^-(aq)$, aquosos. O saber popular mencionado tem fundamento e relaciona-se ao *pH* do produto, que é 10,5, a 25 °C.

a. A parte aquosa do leite de magnésia é uma solução ácida ou básica? Explique.

b. Que íons existentes no leite de magnésia reagem com os ácidos carboxílicos responsáveis pelo cheiro de suor?

c. Considere que um ácido carboxílico responsável pelo odor do suor tenha a fórmula genérica:



em que R representa o restante da molécula. Equacione a reação química, em solução aquosa, entre esse ácido e os íons que respondeu no item anterior e explique por que a ocorrência dessa reação diminui o cheiro do suor.

14. (Unicamp-SP) Uma das substâncias responsáveis pelo odor característico do suor humano é o ácido caproico ou hexanoico, $C_5H_{11}COOH$. Seu sal de sódio é praticamente inodoro por ser menos volátil. Em consequência dessa propriedade, em algumas formulações de talco adiciona-se "bicarbonato de sódio" (hidrogenocarbonato de sódio, $NaHCO_3$) para combater os odores da transpiração.

a. Dê a equação química representativa da reação do ácido caproico com o $NaHCO_3$.

b. Qual é o gás que se desprende da reação?

15. Durante o apodrecimento de um peixe, formam-se várias aminas voláteis, que são as responsáveis pelo cheiro característico. No entanto, se adicionarmos um pouco de vinagre, esse odor diminuirá bastante. Explique esse fato.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

16. (Uerj) Uma indústria química tem como despejo industrial as substâncias numeradas a seguir:

16. c

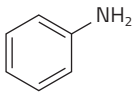
I. $CH_3 — COOH$
II. $CH_3 — CH_2 — OH$
III. $CH_3 — CH_2 — NH_2$
IV. $CH_3 — CONH_2$

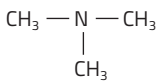
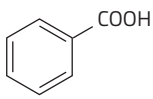
Para processar um tratamento adequado a esse despejo, a fim de evitar agressão ao meio ambiente, foram necessários vários tipos de tratamento. A primeira substância tratada foi a de caráter básico mais acentuado, que corresponde à de número:

a. I **b.** II **c.** III **d.** IV

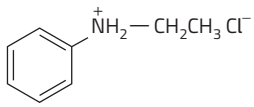
17. Realize uma previsão de quais devem ser os produtos esperados para as reações químicas cujos reagentes são mostrados a seguir e represente a fórmula estrutural desses produtos no seu caderno.

a. $CH_3CH_2CH_2NH_2$ + HCOOH → produto(s)

b.  + CH_3COOH → produto(s)

c.  +  → produto(s)

18. Analisando a fórmula estrutural de um sal derivado de um ácido inorgânico e de uma amina, é possível inferir a estrutura da amina da qual ele se originou. Deduza qual é a fórmula estrutural da amina que, por meio da reação com o ácido clorídrico, produz o sal a seguir.



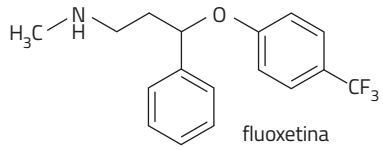
19. Muitos fármacos (substâncias de ação terapêutica que fazem parte da composição de medicamentos) têm moléculas que apresentam a classe funcional química amina. Alguns exemplos são a quinina, usada no combate à malária, a xilocaína, anestésico local, a fluoxetina, a sertralina e o citalopram, drogas antidepressivas. (Lembre-se sempre de que **o uso de fármacos só deve ser feito com receita médica**. **A automedicação, ingestão de medicamentos por conta própria, é extremamente perigosa à saúde**.)
Se representarmos por M a molécula desses fármacos, podemos dizer que, quando reagem com ácido clorídrico, HCl(aq), origina-se um cátion $MH^+(aq)$ e um ânion $Cl^-(aq)$:

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

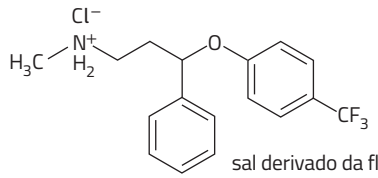
$$M(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons MH^+(aq) + H_2O(l)$$

Com a evaporação da água, cristaliza-se um sólido de fórmula $MH^+Cl^-(s)$, um sal orgânico de amônio.
Esses sais são menos voláteis, mais estáveis e geralmente mais solúveis em água do que as respectivas aminas, o que justifica o fato de os medicamentos mencionados serem comercializados e ingeridos sob a forma do respectivo sal.

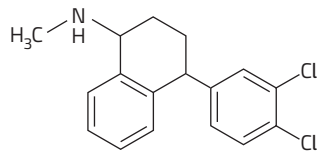
Para exemplificar, considere a droga antidepressiva fluoxetina, cuja fórmula estrutural é:

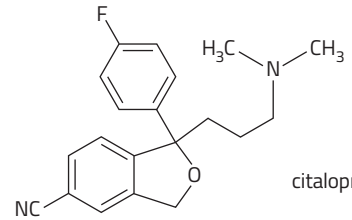

fluoxetina

Os comprimidos contendo esse fármaco não contêm essa molécula, mas o sal assim representado:

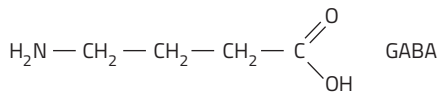

sal derivado da fluoxetina

Considerando as informações dadas, preveja qual será a fórmula estrutural do sal produzido a partir de HCl e do fármaco sertralina e a partir de HBr (ácido bromídrico) e do fármaco citalopram.


sertralina


citalopram

20. A substância conhecida como GABA (ácido gama-amino-butírico ou ácido 4-amino-butanoico) está naturalmente presente em nosso organismo, atuando como neurotransmissor em algumas áreas do cérebro e sendo de fundamental importância para o funcionamento do sistema nervoso. Distúrbios no metabolismo desse composto podem provocar, por exemplo, crises convulsivas.


GABA

Em dois experimentos (**I** e **II**), uma pesquisadora misturou soluções aquosas desse composto com:

I. solução aquosa de ácido clorídrico, HCl(aq);
II. solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq).

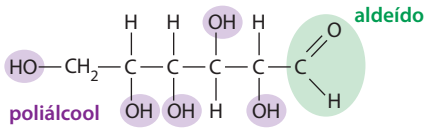
a. Reproduza a fórmula estrutural do GABA no caderno e indique os grupos funcionais presentes.
b. Apresente uma argumentação que explique por que esse composto apresenta caráter anfótero.
c. Equacione a reação do GABA no experimento **I**.
d. Equacione a reação do GABA no experimento **II**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

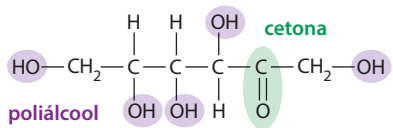
4. Carboidratos

Monossacarídios e dissacarídios

Os **carboidratos**, ou **glicídios**, são a classe de biomoléculas que inclui a glicose, a sacarose, o amido e a celulose. Os carboidratos mais simples são os **monossacarídios**. Exemplos são a glicose e a frutose.



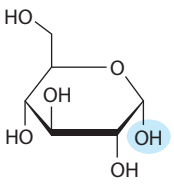
glicose



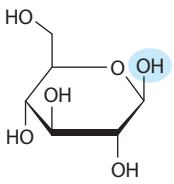
frutose

Como você pode perceber, a glicose é aldeído e poliálcool (vários grupos — OH), e a frutose é cetona e poliálcool. Quimicamente falando, os monossacarídios se dividem em aldoses – aldeído e poliálcool – e cetoses – cetona e poliálcool.

Os monossacarídios geralmente não são encontrados na natureza sob as formas mostradas anteriormente, mas como moléculas de estrutura cíclica. Tais moléculas se formam por meio de uma reação química entre grupos funcionais hidroxila e carbonila de uma mesma molécula de monossacarídio. As estruturas cíclicas da glicose (α-glicose e β-glicose) e da frutose são as seguintes:

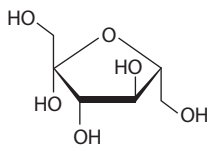


α-glicose ($C_6H_{12}O_6$)



β-glicose ($C_6H_{12}O_6$)

A diferença entre α-glicose e β-glicose está na posição de um grupo — OH em relação ao ciclo (destacada em azul).



frutose ($C_6H_{12}O_6$)

A molécula da sacarose (açúcar presente na cana) é produto de uma reação química entre uma molécula de glicose e uma de frutose, sendo um exemplo de **dissacarídio**. A formação da sacarose pode ser resumidamente representada por meio da seguinte equação química:

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

Outros exemplos de dissacarídios são a lactose, derivada dos monossacarídios galactose e glicose, e a maltose, derivada de duas moléculas de glicose.

Polissacarídios

Os **polissacarídios** são macromoléculas (moléculas muito grandes) formadas em reações cujos reagentes são monossacarídios. Nessa reação, chamada de **polimerização**, o monossacarídio reagente é denominado **monômero** e o polissacarídio resultante é considerado um **polímero** (do grego *poli*, "muitas", *mero*, "parte"). O amido (Fig. 11) e o glicogênio são polímeros da α-glicose e a celulose é polímero da β-glicose.

YUGANOV KONSTANTIN/SHUTTERSTOCK

Figura 11. Alimentos elaborados com farinha de trigo, como o pão e outras massas, são ricos em amido.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Além da glicose e da frutose, há diversos outros monossacarídios. Outros exemplos relevantes são a manose e a galactose. Pesquise na internet a fórmula estrutural desses compostos e compare-as com a da glicose e a da frutose, percebendo as diferenças.

Aproveite para pesquisar a fórmula estrutural da sacarose e perceber nela a parte derivada da glicose e a parte derivada da frutose.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Podemos representar, simplificadamente, a polimerização que resulta na formação desses polissacarídios pela seguinte equação química:

$$n\,C_6H_{12}O_6 \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + n\,H_2O$$

em que *n* representa um número muito grande. O amido é um polissacarídio de reserva sintetizado por plantas, ou seja, uma forma de armazenamento de nutriente energético (glicose) para eventual uso futuro. O glicogênio é um polissacarídio de reserva sintetizado por alguns animais e fungos.

A celulose é um importante material estrutural de plantas que forma, por exemplo, a parede das células vegetais (Fig. 12). Boa parte da matéria orgânica existente em nosso planeta corresponde a esse polissacarídio. A celulose presente na madeira é usada para a fabricação de papel, em um processo que envolve muitas etapas e que pode ser resumidamente descrito assim: a celulose da polpa da madeira é separada de outros componentes (por exemplo, a lignina); forma-se uma pasta da celulose com água e outros aditivos que visam melhorar a qualidade do papel; a pasta é prensada e seca, transformando-se em lâminas de papel. A celulose encontrada no algodão é utilizada na fabricação de fibras têxteis industriais destinadas à confecção de roupas, cortinas e sacarias.

PROSTOCK-STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 12. Verduras contêm celulose. Embora não sejam digeridas pelo ser humano, as fibras celulósicas dão consistência ao bolo fecal, facilitando sua movimentação ao longo do intestino e evitando o ressecamento das fezes e a prisão de ventre. Essa é uma das razões pelas quais se recomenda a ingestão regular de verduras.

A produção de etanol por fermentação

A produção de etanol a partir de cana-de-açúcar começa com a moagem. O caldo de cana obtido (garapa) é deixado, então, por volta de 24 horas em tanques contendo **fermento biológico**, constituído de microrganismos (fungos da espécie *Saccharomyces cerevisiae*). O processo pode ser assim equacionado:

$$\underset{\text{sacarose (dissacarídio)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{glicose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{frutose (monossacarídios)}}{C_6H_{12}O_6}$$

Hidrólise da sacarose

$$\underset{\text{monossacarídio}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{etanol}}{2\,H_3C{-}CH_2{-}OH} + \underset{\text{gás carbônico}}{2\,CO_2} + \text{energia}$$

Fermentação alcoólica

A primeira etapa é a **hidrólise** da sacarose e a segunda é denominada **fermentação alcoólica**. Os microrganismos do fermento promovem essa reação, obtendo, por meio dela, a energia necessária para sua sobrevivência.

Durante o processo, o caldo esquenta devido à energia liberada e são desprendidas bolhas de dióxido de carbono (CO_2). Muitas outras reações acontecem e o caldo adquire um odor desagradável. O álcool produzido está misturado com a água e muitas outras substâncias. Por meio de uma destilação fracionada, o etanol (em mistura com um pouco de água) é separado dos demais componentes.

O resíduo pastoso e malcheiroso que sobra após a destilação é conhecido como **vinhoto ou vinhaça**. Quando jogado nos rios constitui uma séria fonte de poluição. Pode, no entanto, ser aproveitado como adubo ou na produção de biogás. O bagaço da cana, por sua vez, pode ser usado para alimentação do gado ou pode ser secado e aproveitado como combustível.

O chamado fermento biológico, usado na panificação (Fig. 11) , é constituído por microrganismos (o mesmo *Saccharomyces cerevisiae* usado na produção de etanol) que promovem reações de fermentação com uma pequena parte dos carboidratos presentes na massa, liberando CO_2 dentro dela, o que a faz ficar mais volumosa e macia. Por esse motivo é que se deve, ao usar fermento biológico, deixar a massa "descansar" antes de assá-la. Durante esse "descanso" é que a fermentação ocorre. Os buraquinhos que vemos em um pão pronto (Fig. 13) se devem ao CO_2 produzido na fermentação.

ELENAPIV/SHUTTERSTOCK

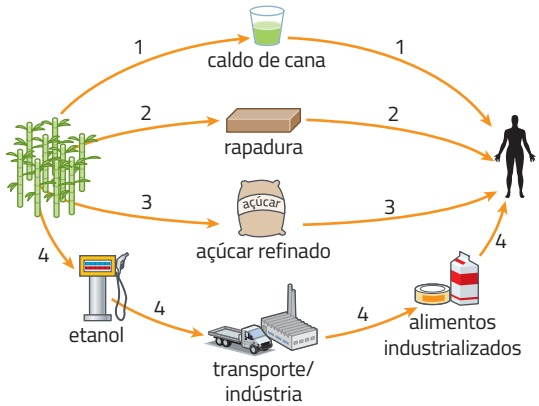
Figura 13. Os orifícios de um pão assado se devem ao dióxido de carbono liberado na fermentação.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplicando conhecimentos

21. (Enem) Há diversas maneiras de o ser humano obter energia para seu próprio metabolismo utilizando energia armazenada na cana-de-açúcar. O esquema a seguir apresenta quatro alternativas dessa utilização.

21. d



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

A partir dessas informações, conclui-se que:

a. a alternativa 1 é a que envolve maior diversidade de atividades econômicas.

b. a alternativa 2 é a que provoca maior emissão de gás carbônico para a atmosfera.

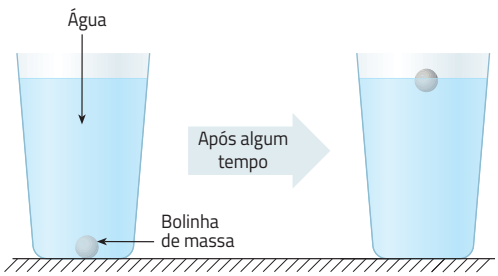
c. as alternativas 3 e 4 são as que requerem menor conhecimento tecnológico.

d. todas as alternativas requerem trabalho humano para a obtenção de energia.

e. todas as alternativas ilustram o consumo direto, pelo ser humano, da energia armazenada na cana.

Enunciado para as três atividades a seguir:

Ao fazer pão caseiro deixa-se a massa "descansar" a fim de que o fermento atue. Alguns cozinheiros e cozinheiras costumam colocar uma pequena bola dessa massa dentro de um copo com água. Após algum tempo a bolinha, que inicialmente está no fundo do copo, sobe e passa a flutuar na água. Isso indica que a massa está pronta para ir ao forno.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

(Representação esquemática em cores meramente ilustrativas.)

22. Analisando a situação descrita, o que você pode concluir sobre a densidade inicial da bolinha se comparada à da água?

23. Por que a atuação do fermento faz a bolinha flutuar? Apresente argumentos de natureza científica para sustentar a sua resposta.

24. Em dias frios leva mais tempo para que a bolinha inicie a subida. Explique a razão disso, argumentando em termos de rapidez das reações químicas.

25. (Enem) Atualmente, uma série de dietas alimentares têm sido divulgadas com os mais diferentes propósitos: para emagrecer, para melhorar a produtividade no trabalho e até mesmo dietas que rejuvenescem o cérebro. No entanto, poucas têm embasamento científico, e o consenso dos nutricionistas é que deve ser priorizada uma dieta balanceada, constituída de frutas e vegetais, uma fonte de carboidrato, uma de ácido graxo insaturado e uma de proteína. O quadro apresenta cinco dietas com supostas fontes de nutrientes.

25. d

Supostas fontes de nutrientes de cinco dietas

Dieta	Carboidrato	Ácido graxo insaturado	Proteína
1	Azeite de oliva	Peixes	Carne de aves
2	Carne de aves	Mel	Nozes
3	Nozes	Peixes	Mel
4	Mel	Azeite de oliva	Carne de aves
5	Mel	Carne de boi	Azeite de oliva

A dieta que relaciona adequadamente as fontes de carboidrato, ácido graxo insaturado e proteína é a

a. 1. **b.** 2. **c.** 3. **d.** 4. **e.** 5.

26. (UERJ) Uma pessoa submetida a uma determinada dieta alimentar deseja ingerir, no máximo, 500 kcal em fatias de uma torta.

26. b

Observe que:

- valor calórico é a quantidade de energia capaz de produzir trabalho, liberada pelo metabolismo de uma certa quantidade de alimento ingerido;
- os valores calóricos aproximados de carboidratos, lipídios e proteínas são, respectivamente, 4, 9 e 4 kcal/g;
- a torta contém, ao todo, 50% de carboidratos, 15% de lipídios e 35% de proteínas;
- cada fatia da torta tem massa de 50 g e todas são iguais e homogêneas.

Para obedecer à dieta, a maior quantidade de fatias dessa torta que a pessoa pode comer corresponde a:

a. 1 **c.** 3

b. 2 **d.** 4

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

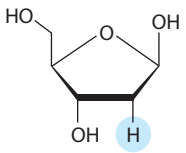
5. Ácidos nucleicos

As moléculas dos **ácidos nucleicos** são as maiores e mais complexas encontradas em organismos vivos. Perto delas, lipídios, polissacarídios e proteínas parecem tímidas miniaturas moleculares. Há dois tipos de ácidos nucleicos. O DNA (ácido desoxirribonucleico) é responsável pelo armazenamento codificado das informações genéticas que caracterizam um indivíduo e estão relacionadas à hereditariedade. O RNA (ácido ribonucleico) está envolvido em etapas do metabolismo em que informações genéticas contidas no DNA são empregadas para a síntese de proteínas pelas células.

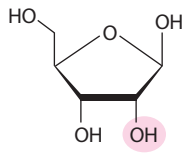
Podemos, com finalidade didática, encarar as moléculas dos ácidos nucleicos como estruturas formadas a partir das seguintes espécies químicas:

Pentoses – monossacarídios contendo cinco átomos de carbono na molécula. (Monossacarídios de seis carbonos, como glicose e frutose, são chamados hexoses.) No DNA existe desoxirribose, e no RNA, ribose, cujas fórmulas estruturais são mostradas a seguir.

A diferença entre a desoxirribose e a ribose está no fato de a primeira não ter um oxigênio no local destacado em azul (daí o nome ***desoxirribose***).



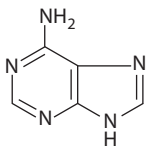
desoxirribose ($C_5H_{10}O_4$)

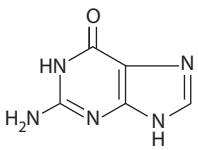


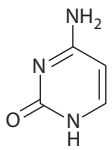
ribose ($C_5H_{10}O_5$)

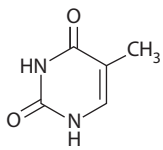
Grupos fosfato – originários do ácido fosfórico (H_3PO_4) pela perda de íons H^+ e/ou substituição de átomos de hidrogênio por grupos orgânicos.

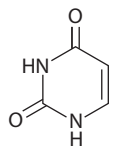
Bases nitrogenadas – moléculas orgânicas cíclicas contendo nitrogênio. No DNA, estão presentes as bases adenina, guanina, citosina e timina. No RNA, existem as bases adenina, guanina, citosina e uracila. As fórmulas estruturais dessas moléculas são mostradas a seguir.


adenina


guanina

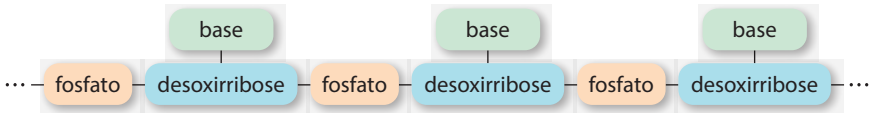

citosina


timina


uracila

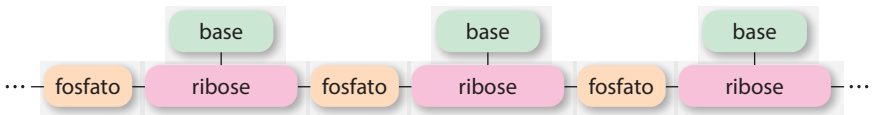
existentes no DNA e no RNA — no DNA — no RNA

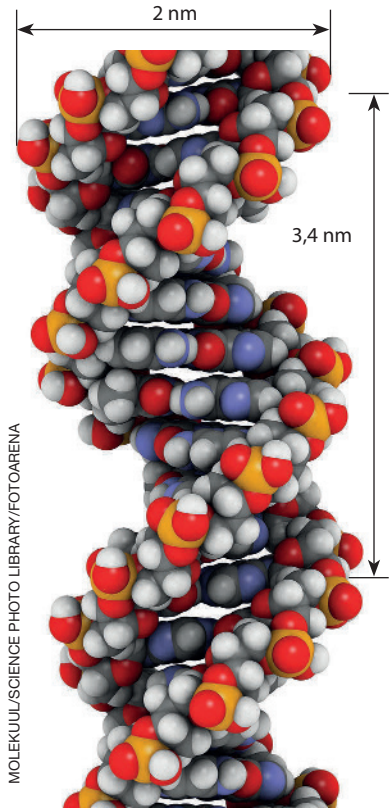
No DNA, existe uma longa sequência formada por fosfato e desoxirribose, em que as moléculas das bases nitrogenadas estão ligadas às moléculas de carboidrato:



Essa macromolécula é denominada fita de DNA. Duas dessas fitas se unem por meio de forças intermoleculares (isto é, interações atrativas entre moléculas que, em última análise, têm origem elétrica). Na estrutura resultante dessa união, denominada **dupla-hélice** (Fig. 14), existe pareamento entre citosina de uma fita e guanina da outra e também entre timina de uma fita e adenina da outra.

Ao contrário da estrutura do DNA, na do RNA existe apenas uma fita. Nela existe a sequência esquematizada a seguir, na qual o carboidrato presente é a ribose e, em lugar da base timina, encontra-se a uracila. As fitas simples de RNA são elaboradas no organismo a partir das fitas duplas de DNA e estão envolvidas na síntese celular de proteínas.





MOLEKUUL/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Fonte dos valores de distância:
IWASA, J.; MARSHALL, W.
Karp's Cell and molecular Biology.
9. ed. Hoboken: John Wiley, 2020.
E-book.

Figura 14. Modelo molecular da dupla-hélice de DNA, com indicação da largura e da distância entre duas voltas sucessivas, expressas em nanômetro (1 nm = 10^{-9} m). (Átomos representados por esferas. Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas: branco – hidrogênio, cinza escuro – carbono, vermelho – oxigênio, lilás – nitrogênio, laranja – fósforo.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Muitos progressos nas pesquisas envolvendo os ácidos nucleicos aconteceram nas últimas décadas e, em consequência, diversas novas tecnologias referentes à área da Genética foram desenvolvidas.

Como exemplo, podemos citar os trabalhos da microbiologista e imunologista francesa Emmanuelle Charpentier (nascida em 1968) e da bioquímica e bióloga molecular estadunidense Jennifer Doudna (nascida em 1964) (Fig. 15), que trabalharam em conjunto para elaborar uma técnica de edição de moléculas de DNA, cortando-as com precisão em locais desejados.

A tecnologia, desenvolvida a partir do estudo do sistema natural de defesa contra vírus existente em certas bactérias, é hoje amplamente usada em ciência básica e em biotecnologia, bem como na pesquisa da cura de determinadas doenças por meio de modificações de genes específicos. Avanços como esse estão embasados em conhecimentos científicos provenientes do estudo de reações bioquímicas e são o resultado dos esforços colaborativos de grande quantidade de cientistas trabalhando em diversas equipes ao redor do mundo.

MIGUEL RIOPA/AFP/GETTY IMAGES

Figura 15. Emmanuelle Charpentier, à esquerda, e Jennifer Doudna, em foto de 2015, tirada em Oviedo, Espanha. Elas ganharam diversos prêmios científicos, entre eles o Nobel de Química de 2020.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

EDUCAÇÃO MIDIÁTICA

Mulheres na Ciência

OBJETO DIGITAL Carrossel de imagens: Mulheres negras na ciência

ODS 5

Ao longo deste livro, existem diversas menções a cientistas mulheres e fotografias delas.

A intenção de destacar a atividade de mulheres na Ciência é **valorizar o protagonismo feminino** e, ao mesmo tempo, destacar a necessidade da **igualdade gêneros nas atividades científicas** e também na sociedade como um todo. Nesse sentido, as mídias podem ser grandes aliadas.

Durante o crescimento e a educação, as crianças são submetidas a diversos estímulos ambientais, que incluem conversas, leituras, imagens e brincadeiras. Alguns desses estímulos podem, eventualmente, plantar a semente de interesses profissionais.

Infelizmente, no entanto, as garotas historicamente nem sempre são submetidas a estímulos ligados às áreas de atuação das Ciências da Natureza, dificultando o despertar de vocações. Isso pode, eventualmente, ter acontecido com você ou com alguma jovem que você conhece.

Se, durante os estudos de Ciências da Natureza, surgiu em você a vontade de saber mais, não perca tempo. Utilize as aptidões de educação midiática que desenvolveu para **pesquisar mais sobre Ciência e tecnologia** e sobre as **oportunidades de formação e de trabalho** nesses campos.

Além disso, buscando por expressões como "mulheres na ciência" e "meninas na ciência", você pode saber mais sobre a vida de muitas outras protagonistas da Ciência e também encontrar páginas de divulgação (contendo textos, vídeos ou *podcasts*) mantidas por mulheres com formação em Ciência e tecnologia, nas quais incentivam outras garotas a seguirem a mesma trilha.

Questione, aprenda, conheça coisas novas. Pode ser que você descubra caminhos que queira incorporar ao seu projeto de vida!

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

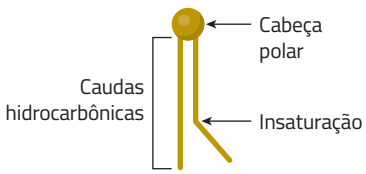
Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) A fluidez da membrana celular é caracterizada pela capacidade de movimento das moléculas componentes dessa estrutura. Os seres vivos mantêm essa propriedade de duas formas: controlando a temperatura e/ou alterando a composição lipídica da membrana.
1. b

Neste último aspecto, o tamanho e o grau de insaturação das caudas hidrocarbônicas dos fosfolipídios, conforme representados na figura, influenciam significativamente a fluidez. Isso porque quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolipídios, menor será a fluidez da membrana.

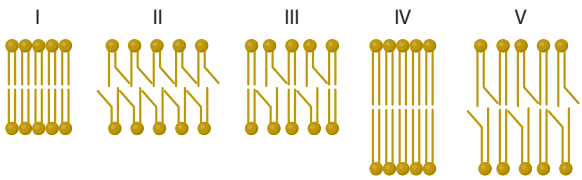
Representação simplificada da estrutura de um fosfolipídio



(Representação esquemática em cor meramente ilustrativa.)

Assim, existem bicamadas lipídicas com diferentes composições de fosfolipídios, como as mostradas de I a V.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA



(Representação esquemática em cor meramente ilustrativa.)

Qual das bicamadas lipídicas apresentadas possui maior fluidez?

a. I **b.** II **c.** III **d.** IV **e.** V

2. (Enem) As "margarinas" e os chamados "cremes vegetais" são produtos diferentes, comercializados em embalagens quase idênticas. O consumidor, para diferenciar um produto do outro, deve ler com atenção os dizeres do rótulo, geralmente em letras muito pequenas.
2. c

As figuras que seguem representam rótulos desses dois produtos.

Peso líquido 500 g
MARGARINA
65% de lipídios

Valor energético por porção de 10 g: 59 kcal

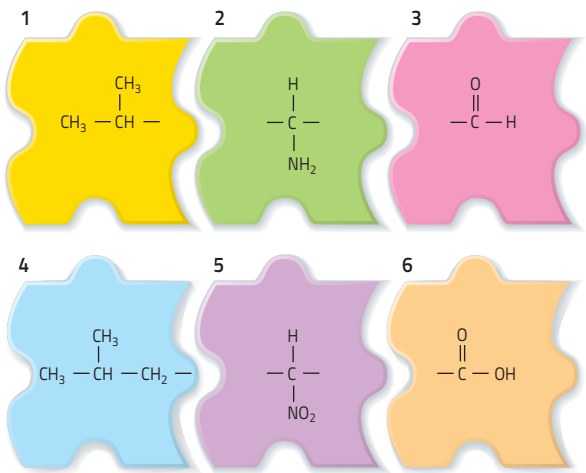
Peso líquido 500 g
CREME VEGETAL
35% de lipídios

Valor energético por porção de 10 g: 32 kcal
Não recomendado para uso culinário

Uma função dos lipídios no preparo das massas alimentícias é torná-las mais macias. Uma pessoa que, por desatenção, use 200 g de creme vegetal para preparar uma massa cuja receita pede 200 g de margarina não obterá a consistência desejada, pois estará utilizando uma quantidade de lipídios que é, em relação à recomendada, aproximadamente:

a. o triplo.
b. o dobro.
c. a metade.
d. um terço.
e. um quarto.

3. (Uerj) Um estudante recebeu um quebra-cabeça que contém peças numeradas de 1 a 6, representando partes de moléculas.
3. d



NELSON MATSUDA/ARQUIVO DA EDITORA

Para montar a estrutura de uma unidade fundamental de uma proteína, ele deverá juntar três peças do jogo na seguinte sequência:

a. 1, 5 e 3. **b.** 1, 5 e 6. **c.** 4, 2 e 3. **d.** 4, 2 e 6.

4. (Uesb-BA) Tanto as carnes "vermelhas" quanto as carnes "brancas" são alimentos ricos em macromoléculas formadas pela união de moléculas de
4. c

a. glicose.
b. sacarose.
c. aminoácidos.
d. vitaminas.
e. sais minerais.

5. O aditivo alimentar INS 211 é permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para uso dentro dos limites estabelecidos por instrução normativa desse órgão. O código INS 211 refere-se ao conservante denominado benzoato de sódio, sal orgânico.

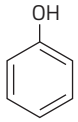
a. Que ácido e que base devem ser utilizados para obter esse sal?
b. Elabore a fórmula estrutural do benzoato de sódio.

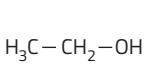
CONTINUA

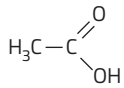
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

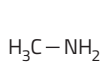
6. (PUC-SP) Os frascos **A**, **B**, **C** e **D** apresentam soluções aquosas das seguintes substâncias:

6. d

Frasco **A**: 
fenol

Frasco **B**: 
etanol

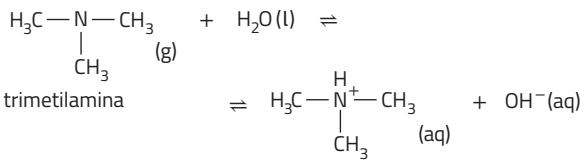
Frasco **C**: 
ácido acético

Frasco **D**: 
metilamina

Determine a opção que realiza corretamente a atribuição de *pH* a essas soluções:

	Frasco A	Frasco B	Frasco C	Frasco D
a.	$pH = 7$	$pH = 7$	$pH = 7$	$pH = 7$
b.	$pH > 7$	$pH > 7$	$pH < 7$	$pH > 7$
c.	$pH > 7$	$pH > 7$	$pH > 7$	$pH = 7$
d.	$pH < 7$	$pH = 7$	$pH < 7$	$pH > 7$
e.	$pH < 7$	$pH < 7$	$pH < 7$	$pH < 7$

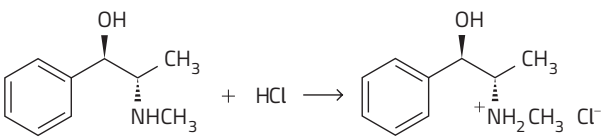
7. O cheiro de peixe deve-se a aminas, especialmente à trimetilamina. Esse composto é gasoso nas condições ambientes (25 °C e 1 atm) e, em solução aquosa, ioniza-se de acordo com a equação:



Uma família ausentou-se por alguns dias de sua residência, esquecendo peixes crus na geladeira. Nesse período, a interrupção da energia elétrica fez com que o alimento se estragasse e impregnasse o interior do eletrodoméstico com um odor forte. Mesmo após limpeza usando pano úmido, o cheiro ainda persistia. Explique, fundamentado no conceito de deslocamento de equilíbrio, por que passar um pano embebido em vinagre no interior da geladeira possibilita diminuir ou eliminar esse mau cheiro. (**Observação**: após o procedimento, o odor de vinagre pode ser removido com água e detergente.)

8. (Enem) Sais de amônio são sólidos iônicos com alto ponto de fusão, muito mais solúveis em água que as aminas originais e ligeiramente solúveis em solventes orgânicos apolares, sendo compostos convenientes para serem usados em xaropes e medicamentos injetáveis. Um exemplo é a efedrina, que funde a 79 °C, tem um odor desagradável e oxida na presença do ar atmosférico formando produtos indesejáveis. O cloridrato de efedrina funde a 217 °C, não se oxida e é inodoro, sendo o ideal para compor os medicamentos.

8. b



efedrina — cloridrato de efedrina

De acordo com o texto, que propriedade química das aminas possibilita a formação de sais de amônio estáveis, facilitando a manipulação de princípios ativos?

a. Acidez.
b. Basicidade.
c. Solubilidade.
d. Volatilidade
e. Aromaticidade.

9. Diversos fármacos são ácidos ou bases orgânicos relativamente fracos que, em solução aquosa, estabelecem equilíbrios de ionização, como o antitérmico ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$) e o antimalárico pirimetamina ($C_{12}H_{13}ClN_4$), cujos equilíbrios de ionização podem ser assim equacionados:

$$C_9H_8O_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_9H_7O_4^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$C_{12}H_{13}ClN_4(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_{12}H_{14}ClN_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

A absorção desses fármacos ocorre principalmente na forma molecular (não iônica), pois essa forma se difunde melhor através das membranas lipídicas do revestimento do tubo digestório. Fundamentado nessas informações, preveja onde cada um dos fármacos será melhor absorvido, no estômago ($pH \approx 2$) ou no intestino delgado ($pH \approx 9$). Apresente argumentos científicos que sustentem sua resposta.

10. (Enem) Há milhares de anos, o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia.

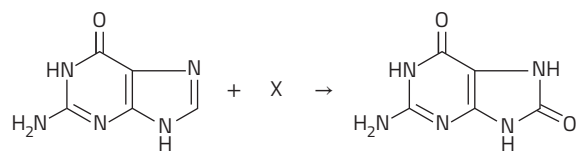
10. a

O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da

a. liberação de gás carbônico.
b. formação de ácido lático.
c. formação de água.
d. produção de ATP.
e. liberação de calor.

11. (Uerj) Considere a adição de um átomo X na oxidação da guanina, conforme esquematizado na equação química:

11. d



guanina — guanina oxidada

Nessa equação, o átomo correspondente a X é simbolizado por:

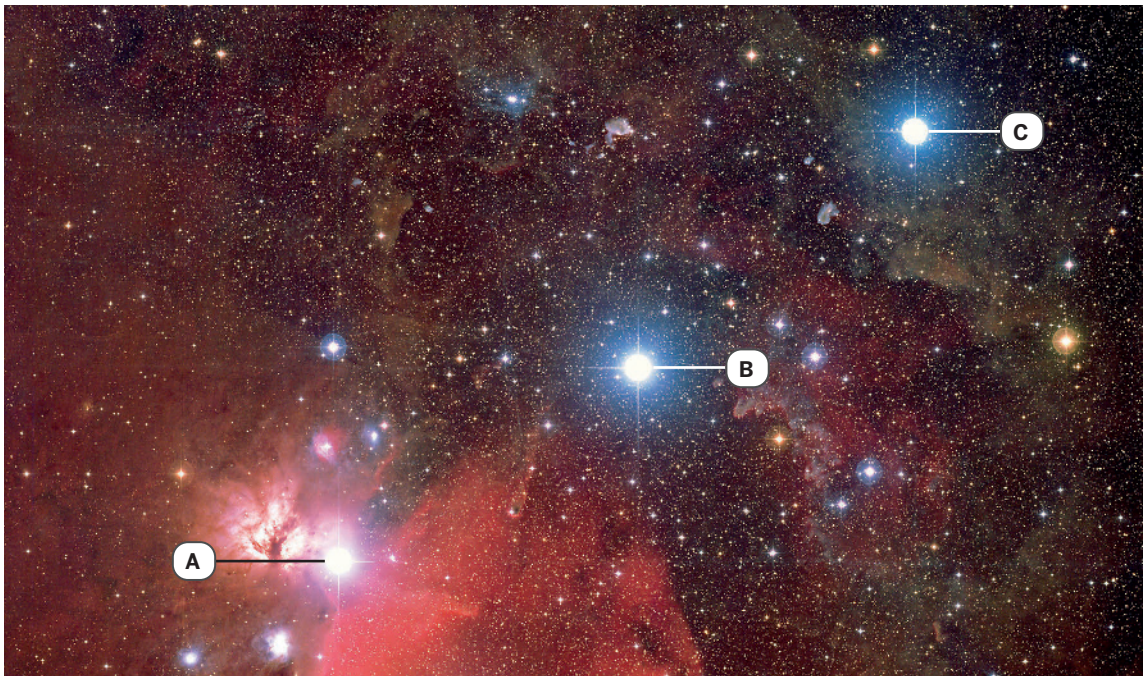
a. C
b. H
c. N
d. O

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 23

Radioatividade e origem dos elementos químicos

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 22 do volume de Física desta coleção.



MPIA-HD, BIRKLE, SLAWIK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Imagem da região celeste em que estão três estrelas conhecidas como Três Marias, ou Cinturão de Órion. Essas estrelas são (A) Alnitak, (B) Alnilam e (C) Mintaka, respectivamente, a 800, 1.340 e 900 anos-luz da Terra. As manchas avermelhadas na imagem são de nebulosas contendo principalmente átomos do elemento químico hidrogênio. (Imagem óptica, obtida da Terra.)

A luz se propaga no vácuo com velocidade de 299,8 mil quilômetros por segundo. Para expressar as grandes distâncias envolvidas em Astronomia, é costume empregar a unidade **ano-luz**, que equivale à distância percorrida pela luz no vácuo em um ano: 9,46 trilhões de quilômetros. A estrela *Alpha Crucis*, a mais brilhante do Cruzeiro do Sul, está a 320 anos-luz de distância daqui. A estrela mais próxima da Terra, sem considerar o Sol, é *Proxima Centauri*, que fica a 4,2 anos-luz. A distância de Netuno ao Sol é cerca de 0,0005 ano-luz.

Há séculos, o Universo fascina o ser humano. Desde a Antiguidade, astrônomos observam o céu e registram essas observações. Existem diferentes sistemas de catalogação para galáxias, nebulosas e aglomerados de estrelas, entre os quais dois se destacam. Um deles se fundamenta nos trabalhos do astrônomo francês Charles Messier (1730-1817). Outro, conhecido como NGC (sigla do inglês *New General Catalogue*, "Novo Catálogo Geral"), é mais abrangente. Além dos códigos empregados nesses catálogos, alguns objetos celestes têm nomes comuns, geralmente bastante antigos. Por exemplo, a Galáxia de Andrômeda é o objeto M31 (Messier 31) ou NGC 224, e a Nebulosa de Órion é M42 ou NGC 1976. Ao se deparar com esses códigos, você pode utilizá-los para uma busca na internet, a fim de saber mais sobre o objeto astronômico a que se refere.

No Universo, os átomos que existem em maior quantidade são dos elementos químicos hidrogênio ($_1$H) e hélio ($_2$He). Os átomos desses elementos químicos – que, juntos, correspondem a mais de 99% do total – se formaram logo após o *big bang* evento correspondente ao início do Universo. Também se formaram pequenas quantidades de lítio ($_3$Li).

Os átomos dos demais elementos químicos se formaram posteriormente, por meio de processos nucleares a partir desses átomos de menor massa. Que processos são esses? Onde ocorreram? Eles continuam a acontecer ainda hoje? Este capítulo vai ajudá-lo a descobrir as respostas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. Decaimentos alfa, beta e gama

A **radioatividade** é um conjunto de fenômenos relacionados ao núcleo de átomos instáveis. Ao contrário das reações químicas (que são transformações nas quais os átomos se recombinam, mas sem alteração de seu núcleo), os **processos nucleares** se caracterizam por **transformações envolvendo o núcleo atômico**. Nesses fenômenos, podem acontecer, por exemplo, emissões de partículas e de energia pelo núcleo.

No ano de 1896, o físico francês Henri Becquerel (1852-1908) constatou que um composto de urânio – sulfato de potássio e uranilo, $K_2UO_2(SO_4)_2$ – podia provocar uma mancha em um papel fotográfico, estando este na ausência de luz e embrulhado em envelope escuro. A interpretação de Becquerel era de que o composto emitia algum tipo de raio capaz de atravessar o envelope e atuar sobre o papel fotográfico. Becquerel também percebeu que as emissões provenientes do urânio ionizavam gases, tornando-os condutores de corrente elétrica. Anos mais tarde, o físico alemão Hans Geiger (1882-1945) utilizaria essa propriedade para criar um detector de radioatividade, chamado contador Geiger (Fig. 1).

No final de 1897, a polonesa Marie Sklodowska Curie (Fig. 2) começou a estudar o fenômeno descoberto por Becquerel. Em julho de 1898, ela e o físico francês Pierre Curie (1859-1906) descobriram um novo elemento químico, que denominaram polônio. Alguns meses depois, descobriram um elemento ainda mais radioativo, que chamaram de rádio. Marie Curie foi uma das pessoas pioneiras em estudos de radioatividade, a primeira mulher a ser laureada com o Prêmio Nobel e a primeira pessoa a receber duas vezes esse prêmio: o de Física (junto com Henri Becquerel e Pierre Curie), em 1903, e o de Química (sozinha), em 1911.

Diversos eventos subsequentes conduziram os cientistas a perceber que núcleos atômicos instáveis podem emitir partículas alfa, partículas beta e/ou radiação gama, que comentaremos a seguir. Quando um átomo emite uma dessas formas de radioatividade, dizemos que ocorre **decaimento nuclear**.

PUBLIC HEALTH ENGLAND/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1. Contador Geiger, equipamento destinado a detectar radioatividade.

GEORGE RINHART/CORBIS HISTORICAL/GETTY IMAGES

Figura 2. A física polonesa Marie Sklodowska Curie (1867-1934), em foto de 1894.

O filme *Radioactive* (direção: Marjane Satrapi, Reino Unido: Amazon Studios, 2010, 109 min) retrata a trajetória de Marie Curie em seus estudos e descobertas sobre radioatividade. A biografia mostra os desafios enfrentados por ela e a sua importância no campo da Química e da Física. Atente à idade de todos nas turma, pois a classificação indicativa é para maiores de 14 anos. O filme propicia uma reflexão sobre **cultura de paz e protagonismo da mulher** na sociedade.

Dialogando com o texto

As emissões radioativas podem ionizar as moléculas que encontram em seu caminho, isto é, remover elétrons delas, originando íons. No organismo, a ionização de biomoléculas pode desencadear reações químicas indesejadas, destruindo células ou alterando seu metabolismo. Isso pode eventualmente provocar reprodução celular descontrolada, originando câncer.

Contudo, dependendo do caso, o benefício decorrente do uso de determinadas técnicas médicas com materiais radioativos pode se justificar. Tenha isso em mente ao estudar este capítulo.

As emissões alfa e beta provocam alterações do número atômico e do número de massa de um átomo. O número atômico (representado por *Z*) é o número de prótons e o número de massa (representado por *A*) é a soma dos números de prótons e nêutrons. Chamamos de **nuclídeo** um núcleo caracterizado por determinados valores de *Z* e *A*, e de **radionuclídeo** ou **radioisótopo** um nuclídeo que é emissor de radiação.

Uma **partícula alfa** é constituída de dois prótons e dois nêutrons, sendo representada por ${}_2^4\alpha$ e correspondendo ao núcleo de um átomo do elemento químico hélio $\left({}_2^4He\right)$. Quando um radionuclídeo emite uma partícula alfa, seu número de massa diminui 4 unidades e seu número atômico diminui 2 unidades, como exemplificado na seguinte equação que representa um alfaemissão:

$$ {}_{92}^{238}U \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{90}^{234}Th $$

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Uma **partícula beta negativa** é um elétron emitido por certos núcleos atômicos instáveis, sendo representada por $_{-1}^{0}\beta$ ou $_{-1}^{0}e$. Você deve estar se perguntando: como pode o núcleo de um átomo emitir um elétron? A resposta reside no fato de que, em núcleos instáveis emissores de partícula beta negativa, um nêutron pode se decompor em um próton, um elétron e um antineutrino. O próton permanece no núcleo, o elétron (a partícula beta negativa) e o antineutrino são emitidos (o antineutrino é uma partícula com número de massa zero e carga elétrica nula).

Assim, ao emitir uma partícula beta negativa, o núcleo tem a diminuição de um nêutron e o aumento de um próton. Consequentemente, seu número de massa permanece constante e seu número atômico aumenta 1 unidade, como exemplificado na equação:

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta$$

Uma **partícula beta positiva**, representada por $_{+1}^{0}\beta$ ou $_{+1}^{0}e$, também denominada **pósitron**, resulta de outro tipo de processo que ocorre em determinados núcleos instáveis: transformação de um próton em um nêutron, um pósitron e um neutrino (partícula com número de massa zero e carga elétrica nula).

Assim, na betaemissão positiva, o número de massa permanece constante e o número atômico diminui 1 unidade. Por exemplo:

$$^{95}_{43}Tc \rightarrow {}^{95}_{42}Mo + {}^{0}_{+1}\beta$$

As emissões de **radiação gama** ocorrem frequentemente junto com emissões alfa ou beta, e são responsáveis por eliminar do núcleo um excedente energético que não foi eliminado com a partícula alfa ou beta emitida. A radiação gama é constituída de ondas eletromagnéticas de altíssima frequência e elevado conteúdo energético.

Aqui, é conveniente lembrarmos ao docente que, conforme explicado no Capítulo 10, **massa** e **número de massa** são conceitos distintos. O elétron, o pósitron, o neutrino e o antineutrino têm **massa pequena**, mas **não nula**. Essas partículas, contudo, têm **número de massa zero**, já que a soma de prótons e nêutrons (que não fazem parte de sua constituição) é nula.

Elétron e pósitron constituem um par matéria-antimatéria. Um pósitron emitido em um decaimento tem geralmente tempo de vida muito curto porque interage com elétron em um processo de aniquilação matéria-antimatéria. Um neutrino e um antineutrino também constituem um par matéria-antimatéria.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Após estudar o item 1, equacione o decaimento:

- alfa do $^{218}_{84}Po$;
- beta negativo do $^{131}_{53}I$;
- beta positivo do $^{18}_{9}F$.

Utilize a tabela periódica para determinar o símbolo do elemento químico a que pertence o nuclídeo produzido em cada processo.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Consulte a tabela periódica sempre que considerar necessário.

1. Átomos de $^{67}_{31}Ga$ são utilizados em Medicina, no diagnóstico de tumores. Explique o significado dos números que aparecem ao lado do símbolo do elemento gálio na representação $^{67}_{31}Ga$.

2. São conhecidos 25 isótopos do elemento químico rádio, nenhum dos quais é estável. O menos instável deles é o $^{226}_{88}Ra$, alfaemissor. Equacione o decaimento desse nuclídeo, identificando o nuclídeo produzido nesse processo.

3. Equacione a emissão alfa pelo radionuclídeo $^{230}_{90}Th$.

4. Equacione a emissão beta negativa pelo radionuclídeo $^{214}_{83}Bi$.

5. (Uesb-BA) A radioatividade emitida por determinadas amostras de substâncias provém:

5. b

a. da energia térmica liberada em sua combustão.
b. de alterações em núcleos de átomos que as formam.
c. de rupturas de ligações químicas entre os átomos que as formam.
d. do escape de elétrons das eletrosferas de átomos que as formam.
e. da reorganização de átomos que ocorre em sua decomposição.

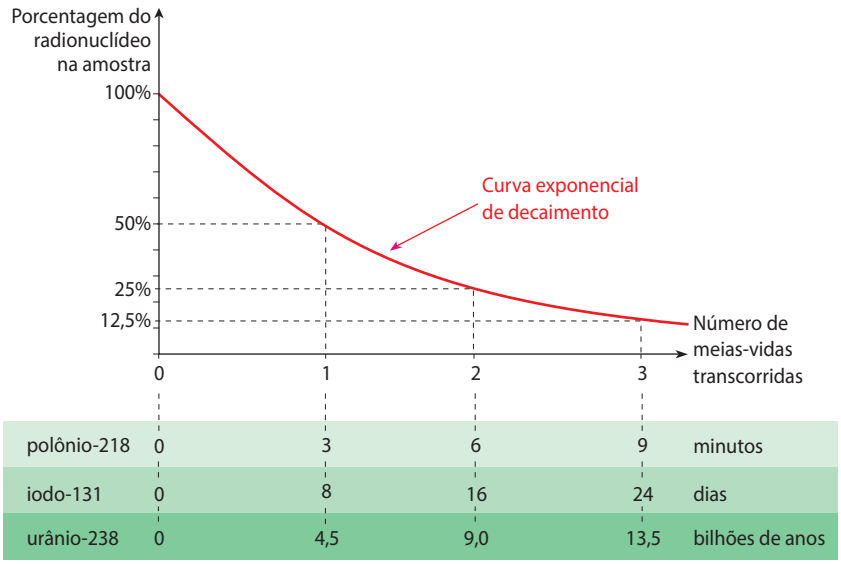
2. Cinética dos decaimentos radioativos

Em um decaimento radioativo, à medida que o tempo passa, a quantidade de radionuclídeo diminui, pois ele se transforma em outro nuclídeo. Chamados de **tempo de meia-vida**, ou **período de semidesintegração**, representado por $t_{1/2}$, o tempo necessário para que ocorra decaimento radioativo de metade da quantidade de determinado radionuclídeo.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Essa grandeza (Tabela 1) é característica de cada radionuclídeo e não depende da quantidade inicial, pressão, temperatura ou composição química do material. Graficamente, podemos representar o processo de decaimento radioativo por uma **curva exponencial de decaimento** (Fig. 3).

Decaimento de uma amostra radioativa



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fontes: ATKINS, P. *et al*. *Op. cit*. p. 829, 837; KOTZ, J. *et al*. **Chemistry & chemical reactivity**. 11. ed. Boston: Cengage, 2023. p. 1009.

Figura 3. Curva de decaimento radioativo, que ilustra que a porcentagem do radionuclídeo se reduz à metade cada vez que transcorre um tempo igual à meia-vida.

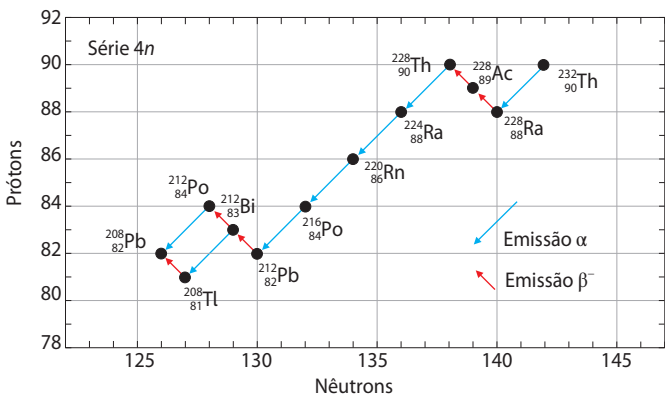
Tabela 1. Valor da meia-vida ($t_{1/2}$) de alguns radionuclídeos

Nuclídeo e emissão	Meia-vida
$^{218}_{84}Po$, α	3 minutos
$^{131}_{53}I$, β^-	8 dias
$^{60}_{27}Co$, β^-	5,26 anos
$^{3}_{1}H$ (trítio), β^-	12,3 anos
$^{90}_{38}Sr$, β^-	28 anos
$^{235}_{92}U$, α	710 milhões de anos
$^{238}_{92}U$, α	4,5 bilhões de anos

Fonte: ATKINS, P. *et al*. **Chemical principles**: the quest for insight. 8. ed. Nova York: MacMillan, 2023. p. 829, 837.

Série radioativa é o nome dado ao conjunto de nuclídeos relacionados por sucessivos decaimentos radioativos. Existem três séries radioativas naturais, que principiam com os radionuclídeos urânio-238, urânio-235 e tório-232, encontrados em determinados minérios. A série radioativa do tório está esquematizada na Figura 4. Essa série começa com o tório-232, que, por sucessivos decaimentos alfa e beta, resulta em chumbo-208, cujo núcleo é estável com relação a decaimentos alfa ou beta.

Série radioativa do tório



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: KOTZ, J. *et al*. *Op. cit*. p. 997.

Figura 4. Esquematização da série radioativa que começa com o tório-232 e vai até o chumbo-208.

São conhecidas séries radioativas artificiais (descobertas em laboratório), entre elas uma que começa no netúnio-237. Os tempos de meia-vida de urânio-238, urânio-235 e tório-232 (respectivamente, $4{,}5 \cdot 10^9$; $7{,}0 \cdot 10^8$ e $1{,}4 \cdot 10^{10}$ anos) são comparáveis à idade da Terra, estimada em $4{,}6 \cdot 10^9$ anos. A meia-vida do netúnio-237 ($2{,}1 \cdot 10^6$ anos) é pequena se comparada a ela, indicando que, se um dia esse isótopo existiu na natureza, praticamente todos os seus núcleos já decaíram. O netúnio-237 foi sintetizado em laboratório para que sua série radioativa pudesse ser estudada.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

6. A meia-vida do polônio-218 é 3 min. Qual é o tempo necessário para que uma amostra desse nuclídeo se reduza a um quarto da inicial?

7. O isótopo $^{32}_{15}P$, cuja meia-vida vale 14 dias, é usado por alguns laboratórios no estudo de determinados processos que ocorrem dentro de células vivas. Se um laboratório recebeu uma amostra de 20 g desse isótopo, quanto restará após 70 dias?

8. Após 40 dias, uma amostra com 1,6 g de iodo-131 se reduz a 50 mg. Qual é a meia-vida desse radionuclídeo?

9. O estrôncio-90 $\left(^{90}_{38}Sr\right)$ é um betaemissor cujo tempo de meia-vida é 28 anos.

a. Equacione o decaimento desse radioisótopo.

b. Quanto tempo é necessário para que restem 12,5% de uma amostra de estrôncio-90?

10. Cobalto-60, usado em medicina nuclear, possui meia-vida de 5 anos. Dentro de uma cápsula lacrada foi colocada uma amostra desse radionuclídeo e, aberta após 20 anos, revelou conter 750 mg dele. Qual a quantidade colocada inicialmente na cápsula?

11. Quantas meias-vidas devem transcorrer para que ocorra o decaimento nuclear de 93,75% de uma amostra de determinado radionuclídeo?

12. (UCB-DF) Ao se desintegrar, o átomo de $^{222}_{86}Rn$ se transforma em $^{210}_{84}Po$. Os números de partículas $^{4}_{2}\alpha$ e $^{0}_{-1}\beta$ emitidas no processo são, respectivamente,

12. d

a. 2 e 4. **b.** 2 e 6. **c.** 3 e 2. **d.** 3 e 4. **e.** 4 e 6.

13. (UEPB) Átomos do elemento rádio são encontrados em um mineral denominado pechblenda (óxido de urânio), devido ao decaimento radioativo do urânio. Qual das alternativas a seguir apresenta as radiações emitidas pelo urânio-234 para obter o rádio-226?

13. c

a. α, β **c.** α, α **e.** γ, γ

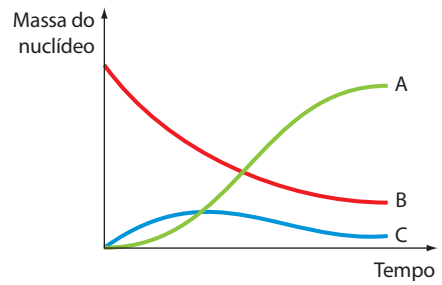
b. β, α **d.** β, β

14. Sabe-se que o bário-140 sofre a seguinte sequência de decaimentos nucleares

$$^{140}_{56}Ba \rightarrow {}^{140}_{57}La \rightarrow {}^{140}_{58}Ce$$

O gráfico a seguir se refere a uma amostra de bário-140, inicialmente isenta dos outros dois nuclídeos. Associe as curvas aos nuclídeos em questão.

Quantidade em função do tempo para três nuclídeos de uma série radioativa



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ATKINS, P.; PAULA, J.; KEELER, J. **Physical Chemistry**. 12. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023. p. 763.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3. Transmutação nuclear

Em 1914, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) constatou que, na presença de um alfaemissor, átomos do elemento nitrogênio se transformam em átomos de oxigênio. Isso se deve ao processo equacionado a seguir, que ocorre quando uma partícula atinge um núcleo de átomo de nitrogênio:

$$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$$

Esse fenômeno foi o primeiro caso relatado de uma **transmutação nuclear**, transformação de um nuclídeo em outro provocada pelo bombardeamento com uma partícula. No caso, o nitrogênio-14 transmutou-se em oxigênio-17 devido ao bombardeio com partículas alfa.

A transmutação nuclear é, atualmente, uma importante ferramenta na produção de nuclídeos artificiais, isto é, nuclídeos não encontrados na natureza. Os primeiros desses nuclídeos artificiais foram obtidos pelo casal francês Irene Joliot-Curie (1897-1956) e Frederic Joliot-Curie (1900-1958), em 1934, por meio de transmutação nuclear. Irene Joliot-Curie (Fig. 5) foi a segunda mulher a ganhar o Prêmio Nobel de Química (a primeira foi sua mãe, Marie Curie), o que ocorreu em 1935, por reconhecimento aos seus trabalhos referentes à radioatividade artificial.

AFP/GETTY IMAGES

Figura 5. A física nuclear francesa Irene Joliot-Curie, em foto tirada na década de 1930.

Um exemplo de transmutação nuclear que produz um nuclídeo artificial é assim equacionado:

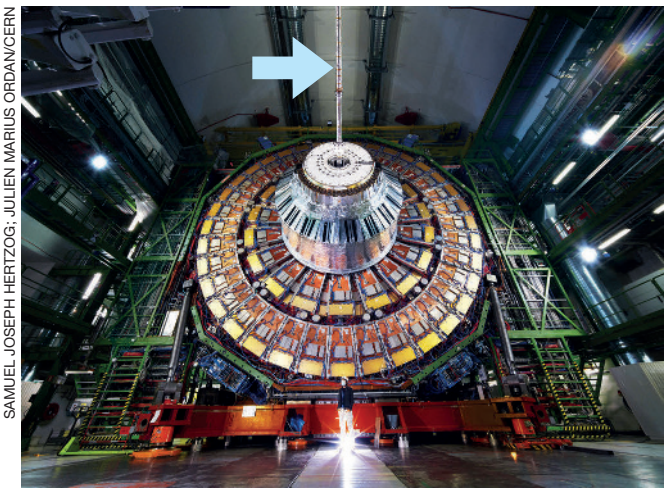
$$^{10}_{5}B + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{13}_{7}N + ^{1}_{0}n$$

Os elementos químicos com número atômico maior que o do urânio ($Z > 92$) são chamados de **elementos transurânicos**. Esses elementos não existem na natureza, e foram obtidos pelos cientistas por meio de processos nucleares, principalmente de transmutação nuclear realizada em equipamentos denominados aceleradores de partículas. Nesses dispositivos, partículas eletricamente carregadas são aceleradas até atingirem altíssimas velocidades e se chocarem com átomos estacionários (chamados átomos-alvo). Observe, a título de exemplo, as equações que representam a síntese dos elementos 112 (copernício) e 118 (oganessônio):

$$^{208}_{82}Pb + ^{70}_{30}Zn \rightarrow ^{277}_{112}Cn + ^{1}_{0}n$$

$$^{249}_{98}Cf + ^{48}_{20}Ca \rightarrow ^{294}_{118}Og + 3^{1}_{0}n$$

Os aceleradores de partículas (Fig. 6) também são usados pelos físicos para investigações sobre o comportamento de partículas de elevada energia cinética em colisões com partículas em repouso.



SAMUEL JOSEPH HERTZOG; JULIEN MARIUS ORDAN/CERN

Figura 6. Foto de parte de um acelerador de partículas da Organização Europeia para a Investigação Nuclear (CERN), Suíça, 2021. Um feixe de partículas aceleradas chega pela tubulação indicada pela seta e colide com alvos estacionários. A grande estrutura circular serve para detectar partículas eventualmente resultantes dessa colisão.

Dos elementos químicos com número atômico menor que o do urânio ($Z < 92$), denominados **elementos cisurânicos**, dois deles não têm nenhum isótopo estável conhecido, e foram sintetizados artificialmente: tecnécio ($_{43}Tc$) e promécio ($_{61}Pm$). Outros dois, embora existam na natureza, são tão pouco abundantes (estima-se que a quantidade total de cada um na crosta terrestre não ultrapasse 30 g) que sua descoberta ocorreu por síntese artificial: astato ($_{85}At$) e frâncio ($_{87}Fr$).

A síntese de átomos que não existem na natureza favoreceu o desenvolvimento de diversas técnicas químicas. Por exemplo, a química húngara Elizabeth Rona (1890-1981) (Fig. 7) elaborou métodos para isolar amostras do elemento artificial plutônio para estudos nucleares. O plutônio assim isolado foi empregado na síntese dos elementos artificiais amerício ($_{95}Am$) e cúrio ($_{96}Cm$). Essa cientista também foi pioneira em estudos de radioatividade em Oceanografia.

ARQUIVO DA FAMÍLIA

Figura 7. A química húngara Elizabeth Rona, em foto da década de 1950.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

15. O elemento artificial cúrio ($_{96}Cm$), nomeado em homenagem a Marie Curie, foi bombardeado com partículas alfa, produzindo, por transmutação nuclear, outro elemento artificial (X):

$$^{242}_{96}Cm + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow X + ^{1}_{0}n$$

Deduza o número atômico e o número de massa de X. De que elemento é esse átomo?

16. O nome do elemento 109, meitnério, é uma homenagem à física nuclear austríaca Lise Meitner (1878-1968), cujas pesquisas ajudaram a elucidar por que certos núcleos atômicos são instáveis. A síntese do meitnério envolveu a transmutação assim equacionada:

$$^{209}_{83}Bi + ^{58}_{26}Fe \rightarrow ^{266}_{109}Mt + y$$

Determine qual é a partícula y e justifique.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

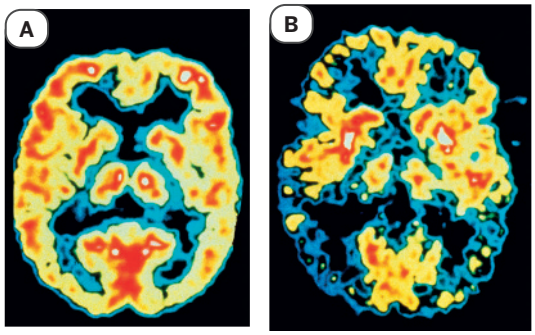
4. Algumas aplicações da radioatividade

A incidência de radiação sobre um tecido humano pode induzir o aparecimento de câncer. Então surge a dúvida: por que a Medicina utiliza radiação no tratamento de certos casos dessa doença?

Uma dose controlada de radiação incidindo apenas no local do tumor pode matar preferencialmente as células cancerosas, sendo o princípio da **radioterapia**, uma das aplicações pacíficas da radioatividade. Nessa técnica são usados os raios gama provenientes de emissores gama apropriados (Tabela 2). Como a radiação utilizada também pode matar células que não fazem parte do câncer – produzindo efeitos colaterais como náuseas, vômitos e queimaduras na pele – os médicos procuram direcionar as radiações com a máxima precisão possível para a região do câncer.

Ainda na área médica, muitos outros radioisótopos possuem importantes aplicações na geração de imagens para o diagnóstico de doenças (Tabela 3). Uma vez introduzidos no organismo, as emissões desses radionuclídeos podem ser detectadas por sensores apropriados, fornecendo informações relevantes sobre o funcionamento de diversos órgãos.

A Figura 8 mostra um exemplo de investigação médica do cérebro usando radioatividade. As imagens 8.A. e 8.B são geradas por computador a partir do registro de emissões radioativas provenientes de moléculas de glicose modificadas que contêm um átomo radioativo de flúor-18. As cores, artificialmente aplicadas pelo equipamento, indicam a velocidade do consumo de glicose pelas áreas do cérebro, que aumenta na ordem: preto, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. As imagens revelam que a velocidade de utilização da glicose é bem menor no cérebro do indivíduo com Alzheimer (Fig. 8.B) do que em um cérebro saudável (Fig. 8.A).



DR ROBERT FRIEDLAND/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 8. Tomografia por emissão de pósitron do cérebro de um indivíduo saudável (A) e de uma pessoa com doença de Alzheimer (B), que, entre outros efeitos, causa degeneração progressiva da memória e da capacidade de aprendizagem. (Corte transversal do cérebro; cores meramente ilustrativas.)

Nas pesquisas em Bioquímica e Medicina, o uso de radioisótopos possibilita a detecção, com boa precisão, de espécies químicas como hormônios e antígenos, ainda que estejam em baixíssima concentração. Por exemplo, a física médica Rosalyn Sussman Yalow (1921-2011) (Fig. 9) desenvolveu a técnica chamada radioimunoensaio. Nesse método, isótopos gamaemissores são usados, em laboratório, para determinar a concentração de espécies presentes no sangue ou outros líquidos corporais, ainda que em baixíssimas concentrações. A técnica tem alta precisão e não há introdução de espécies radioativas no organismo. Por essa contribuição, Yalow recebeu o Prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia em 1977.

A radioatividade tem aplicações práticas em diversas outras áreas. Ela pode ser utilizada para esterilizar alimentos (conforme discutido no Capítulo 14), esterilizar equipamentos, detectar vazamentos em tubulações, analisar a espessura de chapas e estudar o mecanismo de reações químicas.

Os processos de **datação** (determinação da idade) de materiais são outra utilidade de radioisótopos. Um desses processos utiliza o isótopo carbono-14 ($^{14}_{6}C$), um emissor de partícula beta negativa cuja abundância é 0,000001%. Essa abundância significa que, em cada bilhão (10^9) de átomos do elemento químico carbono, 10 são de carbono-14, ou seja, a abundância é 10 ppb (10 partes por bilhão).

Tabela 2. Alguns radionuclídeos usados em radioterapia

Radionuclídeo	Tratamento de
$^{32}_{15}P$	leucemia
$^{60}_{27}Co$	diversos cânceres
$^{131}_{53}I$	câncer de tireoide
$^{131}_{55}Cs$	câncer de próstata

Fonte: GILBERT, T. R. *et al*. **Chemistry**; an Atoms-Focused Approach. 3. ed. Nova York: Norton, 2020. p. 1052.

Tabela 3. Radionuclídeos usados em procedimentos de diagnóstico médico

Radionuclídeo	Diagnóstico relativo a
$^{99m}_{43}Tc$*	cérebro, rins
$^{201}_{81}Tl$	coração
$^{123}_{53}I$	tireoide
$^{67}_{31}Ga$	diversos tumores
$^{18}_{9}F$	cérebro

Fonte: KOTZ, J. *et al*. **Chemistry & chemical reactivity**. 11. ed. Boston: Cengage, 2023. p. 1024.

* Representação em que *m* indica **metaestável**, termo usado, nesse caso, para designar um estado não estável do núcleo que pode existir por determinado tempo. A meia-vida do tecnécio-99 metaestável é de 6 h.

BETTMANN/GETTY IMAGES

Figura 9. A física médica estadunidense Rosalyn Sussman Yalow, em foto de 1977.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O carbono-14 forma-se na alta atmosfera, onde ocorre continuamente transmutação nuclear de nitrogênio-14 em carbono-14 causada pela colisão de nêutrons cósmicos (vindos do espaço):

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}p$$

O carbono-14 produzido incorpora-se à atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO_2). Pela fotossíntese, processo que transforma CO_2 em substâncias orgânicas, esses átomos de carbono-14 se integram à constituição dos seres vivos fotossintetizantes e, por meio das cadeias alimentares, também dos demais seres vivos.

Verificou-se que, com a mesma velocidade com que o carbono-14 é produzido na alta atmosfera, ele se desintegra por emissão beta negativa:

$$^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}\beta \qquad t_{1/2} = 5.730 \text{ anos}$$

Assim, a abundância de carbono-14 no planeta permanece constante na atmosfera e nos seres vivos (10 ppb). Ao examinar múmias, fósseis, ossos, pergaminhos e outros achados arqueológicos compostos de restos de antigos seres vivos, os cientistas encontram teores de carbono-14 inferiores a 10 ppb, o que se deve ao decaimento ocorrido desde a morte do ser vivo.

Uma vez determinado o teor de carbono-14 em uma amostra, é possível determinar a sua idade consultando a curva de decaimento radioativo (Fig. 3). Esse processo é o **método de datação por carbono-14**, que, pelas razões descritas, aplica-se somente a materiais contendo substâncias orgânicas originárias de seres vivos.

Há outros processos de datação para estimar a idade de rochas, que envolvem radioisótopos como potássio-argônio, urânio-chumbo, rubídio-estrôncio e samário-neodímio. Com esses métodos, cientistas estimaram a idade da Terra em 4,6 bilhões de anos. A datação de amostras de rochas lunares trazidas pelas missões Apollo 11 e Apollo 17 forneceu resultados entre 3,2 e 4,2 bilhões de anos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

SAÚDE · MEIO AMBIENTE · ODS 12 · ODS 3

Em 1987, um acidente aconteceu em Goiânia, GO, envolvendo o radionuclídeo césio-137.

Em grupos, pesquisem como ocorreu esse acidente e quais foram suas consequências.

Elaborem um relato que resuma o que descobriram na pesquisa e incluam nele a resposta à pergunta: como esse acidente poderia ter sido evitado?

A seguir, pesquisem e incluam no material produzido pela equipe informações sobre manejo e descarte corretos de materiais radioativos usados em clínicas, centros de diagnóstico, hospitais e laboratórios de pesquisa.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

17. Um fóssil apresenta teor de carbono-14 igual a 2,5 ppb. Faça uma estimativa de há quantos anos, aproximadamente, esse fóssil foi formado. (**Dados**: teor de carbono-14 na atmosfera = 10 ppb; meia-vida do carbono-14 = = 5.730 anos.)

18. Uma amostra de carvão mineral, originado após o soterramento de grandes plantas, revelou conter 12,5% do teor de carbono-14 existente na atmosfera.
Há cerca de quanto tempo foi soterrada essa planta?
(**Dado**: meia-vida do carbono-14 = 5.730 anos.)

19. (Enem) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.
"Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação."

Fonte: RODRIGUES JÚNIOR, A. A. O que é irradiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer? **Física na Escola**, v. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

19. a

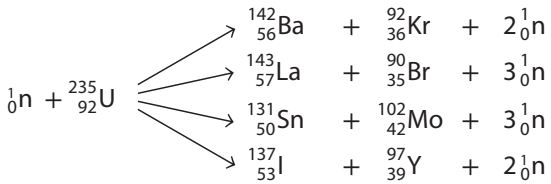
A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

a. o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
b. a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
c. a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
d. o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
e. o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

5. Usinas nucleares e bombas atômicas

A **fissão nuclear** é o processo de quebra de núcleos grandes em núcleos menores, que libera grande quantidade de energia.

Um nêutron, ao atingir um núcleo de urânio-235, pode provocar sua quebra em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons que, por sua vez, irão atingir outros núcleos e provocar novas quebras. Na fissão do urânio-235, diversos produtos podem se formar. Alguns exemplos estão equacionados a seguir:



A energia liberada na fissão nuclear é muito maior do que a envolvida em reações químicas, como as combustões (Tabela 4). A fissão nuclear é o processo que ocorre – de modo descontrolado – na explosão de uma bomba atômica.

Na fissão de um núcleo de urânio-235, um nêutron é consumido e dois ou três são produzidos. Esses nêutrons, caso encontrem outros núcleos de urânio-235, podem causar outras fissões, produzindo muito mais nêutrons que, por sua vez, irão atingir outros núcleos e provocar novas fissões, em uma reação nuclear em cadeia. Outros núcleos fissionáveis que podem, em condições apropriadas, manter esse processo em cadeia são urânio-233 e plutônio-239. Na fissão nuclear do urânio-238, o mais abundante dos isótopos do urânio, um nêutron é utilizado, mas somente um é produzido, o que inviabiliza a sustentação da reação nuclear em cadeia. Isso também acontece com outros núcleos grandes.

Se a massa da amostra submetida à fissão nuclear é pequena, os nêutrons emitidos podem não atingir outro núcleo de urânio-235, urânio-233 ou plutônio-239, pois escapam para a vizinhança sem colidir com outros núcleos fissionáveis. Sendo assim, a reação de fissão em cadeia não se estabelece. Entretanto, se um grande número de núcleos fissionáveis existir na amostra, muitos nêutrons atingirão outros núcleos fissionáveis, mantendo a continuidade do processo. A quantidade mínima de material fissionável necessária para assegurar que uma reação de fissão em cadeia ocorra é chamada de **massa crítica**.

Uma bomba atômica contém porções de urânio-235 ou plutônio-239 inferiores à massa crítica, mas que, no conjunto, perfazem uma massa total superior a ela. No momento da explosão, um detonador feito de explosivo comum coloca essas massas em contato, superando a massa crítica e provocando a explosão.

Após o início da Segunda Guerra Mundial, os interesses sobre fissão nuclear aumentaram devido à possível aplicação bélica. Nos Estados Unidos, um grupo de cientistas chefiados por Julius Robert Oppenheimer (1904-1967) construiu uma **bomba de fissão**, ou **bomba atômica** (**bomba A**), que foi testada na manhã de 16 de julho de 1945, no deserto do Novo México. Alguns dias depois (6 de agosto de 1945), uma bomba atômica de fissão de urânio-235 foi detonada na cidade japonesa de Hiroshima. Três dias depois, outra bomba atômica, dessa vez de fissão de plutônio-239, foi explodida sobre Nagasaki.

Cada uma das bombas detonadas no Japão correspondia a cerca de 20 quilotons (um quiloton equivale ao poder destrutivo de mil toneladas de TNT). Aproximadamente 71 mil pessoas foram mortas instantaneamente em Hiroshima. As mortes nos cinco anos subsequentes, em decorrência da exposição à radiação, são estimadas em 200 mil. Quase 98% das construções de Hiroshima foram destruídas ou seriamente danificadas. Em Nagasaki, algo em torno de 74 mil pessoas morreram na explosão, que devastou 47% da cidade. Foi devido a essa lamentável demonstração que o público em geral ficou sabendo da enorme quantidade de energia que se encontra armazenada no núcleo dos átomos.

Tabela 4. Comparação da energia liberada em alguns processos

Processo	Energia (kJ/g)
fissão nuclear de $^{235}_{92}U$ em $^{142}_{56}Ba$ e $^{92}_{36}Kr$	$7{,}92 \cdot 10^{7}$
fusão nuclear* de $^{2}_{1}H$ e $^{3}_{1}H$ em $^{4}_{2}He$ e $^{1}_{0}n$	$3{,}37 \cdot 10^{8}$
combustão de gás hidrogênio, $H_2(g)$	$1{,}43 \cdot 10^{2}$
combustão de etanol líquido, $C_2H_5OH(l)$	$2{,}97 \cdot 10^{1}$

Fontes: TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Modern Physics**. 6. ed. Nova York: Freeman, 2012. p. 543; RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 9. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 86.

* A fusão nuclear será discutida adiante.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Dialogando com o texto

Para você perceber que a fissão nuclear libera proporcionalmente muito mais energia que uma reação química, utilize os dados da Tabela 4 para determinar a massa de:

a) gás hidrogênio e

b) etanol líquido,

que devem reagir na combustão a fim de liberar a mesma quantidade de energia que a fissão de 1 g de urânio-235.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A fissão nuclear é realizada, de maneira controlada, em um tipo de dispositivo denominado **reator nuclear**, visando à produção de energia elétrica a partir do calor liberado na fissão. O reator nuclear e os demais equipamentos necessários a essa forma de geração de energia elétrica constituem uma **usina termonuclear**, ou, simplesmente, **usina nuclear** (Fig. 10).

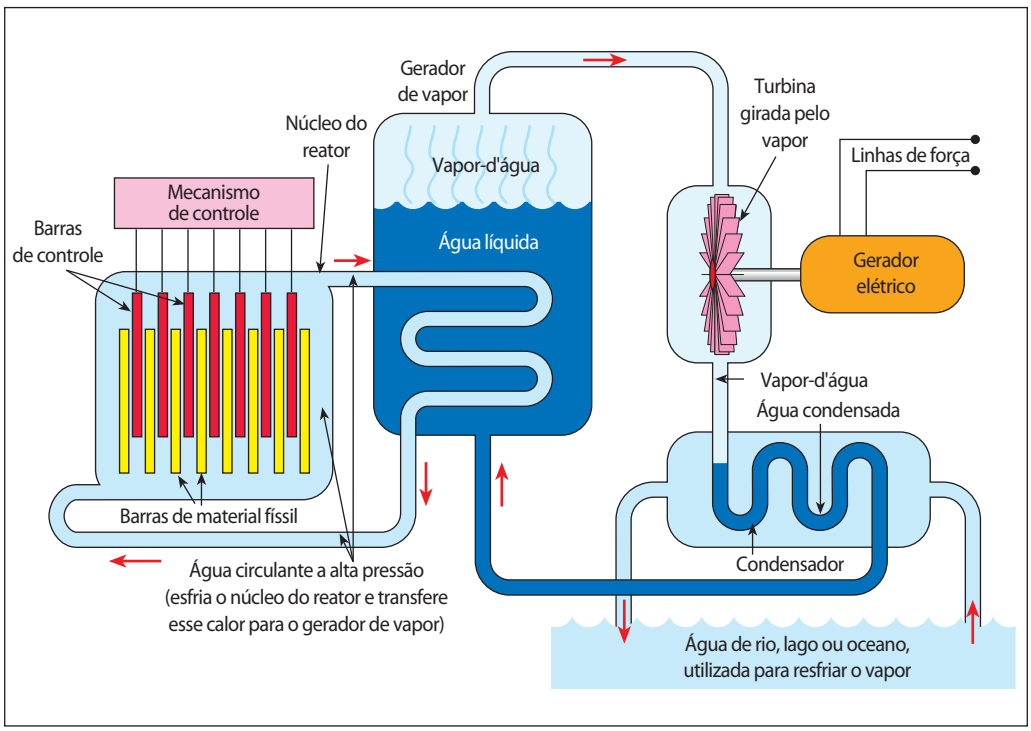
Os principais componentes de um reator nuclear são: barras de material físsil, que pode ser urânio-235 (natural), urânio-233 ou plutônio-239 (artificiais); fluido trocador de calor; moderador (grafite ou água), que serve para diminuir a velocidade dos nêutrons, o que torna a reação possível (nêutrons rápidos não são eficientes para provocar a fissão); barras de controle (cádmio ou boro), que absorvem nêutrons e servem para evitar que a reação saia de controle, superaquecendo o reator.

O conjunto das barras de material físsil tem uma massa que é igual ou superior à crítica, embora cada uma delas tenha massa subcrítica. A fissão nuclear em cadeia pode ser interrompida impulsionando as barras de controle para o centro do reator, onde absorvem os nêutrons. Na operação normal, a posição das barras é ajustada para que seja produzida a quantidade de calor desejada na fissão e o processo se mantenha.

Existem diferentes tipos de reator nuclear. Em um deles, chamado reator de água pressurizada, ou PWR (do inglês *pressurized water reactor*), como os das usinas Angra 1 e 2 (em Angra dos Reis, RJ), o calor liberado na fissão aquece a água (mantida a alta pressão) que está em contato com o material físsil. Esta aquece outra porção de água que entra em ebulição. O vapor produzido gira uma turbina, cujo eixo se liga a um gerador elétrico, o qual, por sua vez, transforma a energia do movimento em energia elétrica. Nesse tipo de reator (Fig. 11), a água funciona como fluido trocador de calor e também como moderador dos nêutrons.

DELFIM MARTINS/TYBA

Figura 10. Usinas nucleares Angra 1 (à direita), Angra 2 (à esquerda) e Angra 3 (ao fundo, em construção). (Praia de Itaorna, Angra dos Reis, RJ, 2019.)



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2024. p. 656.

Figura 11. Esquematização da geração de energia elétrica em uma usina termonuclear com reator de água pressurizada (PWR). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Nos produtos da fissão, que constituem o **lixo nuclear**, existem dezenas de radionuclídeos emissores α, β e γ que representam sério risco às pessoas e ao meio ambiente. Esses resíduos devem ser armazenados em recipientes de chumbo e/ou de concreto e guardados em locais seguros por tempo suficiente para que a radiação diminua a níveis não prejudiciais. Entre os muitos nuclídeos perigosos do lixo nuclear, podemos citar o estrôncio-90 (que pode se acumular nos ossos), o iodo-131 (que pode se acumular na glândula tireoide) e o césio-137 (que se dispersa em todos os líquidos corporais).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

20. Considere a equação: $^{235}_{92}U + n \rightarrow {}^{142}_{56}Ba + (?) + 2\,n$

a. Que tipo de processo nuclear ela representa?

b. Identifique o símbolo que está faltando.

21. (Enem) A elevação da temperatura das águas de rios, lagos e mares diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição. Que parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares está associada a esse tipo de poluição?

21. b

a. Fissão do material radioativo.

b. Condensação do vapor-d'água no final do processo.

c. Conversão de energia das turbinas pelos geradores.

d. Aquecimento da água líquida para gerar vapor-d'água.

e. Lançamento do vapor-d'água sobre as pás das turbinas.

22. (Enem) A energia nuclear é uma alternativa aos combustíveis fósseis que, se não gerenciada de forma correta, pode causar impactos ambientais graves. O princípio da geração dessa energia pode se basear na reação de fissão controlada do urânio por bombardeio de nêutrons, como ilustrado:

22. e

$$^{235}U + n \rightarrow {}^{95}Sr + {}^{139}Xe + 2\,n + \text{energia}$$

Um grande risco decorre da geração do chamado lixo atômico, que exige condições muito rígidas de tratamento e armazenamento para evitar vazamentos para o meio ambiente. Esse lixo é prejudicial, pois

a. favorece a proliferação de microrganismos termófilos.

b. produz nêutrons livres que ionizam o ar, tornando-o condutor.

c. libera gases que alteram a composição da atmosfera terrestre.

d. acentua o efeito estufa decorrente do calor produzido na fissão.

e. emite radiação capaz de provocar danos à saúde dos seres vivos.

23. Como consequência da construção dos primeiros reatores nucleares, puderam ser isolados dois elementos cisurânicos não encontrados antes na natureza, representados aqui por A e B. Eles se formam no decaimento dos radionuclídeos molibdênio-99 e neodímio-147 presentes no lixo nuclear. Determine os números atômicos e de massa e também, consultando a tabela periódica, os nomes de A e B.

$$^{99}_{42}Mo \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + A$$

$$^{147}_{60}Nd \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + B$$

24. Dois dos elementos transurânicos também tiveram sua descoberta graças à fissão nuclear. Foram detectados no lixo restante de um teste nuclear feito no Oceano Pacífico em 1952. Uma das explicações para a formação desses elementos encontra-se nas duas transmutações que teriam ocorrido durante a explosão:

$$^{238}_{92}U + {}^{14}_{7}N \rightarrow X + 5\,n$$

$$^{238}_{92}U + {}^{16}_{8}O \rightarrow Y + 5\,n$$

Represente o símbolo completo de X e Y.

25. (Enem) O funcionamento de uma usina nucleoelétrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoelétricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

25. c

a. a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.

b. a proibição de se instalarem novas usinas nucleoelétricas não causará impacto na oferta mundial de energia.

c. a existência de usinas nucleoelétricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.

d. a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoelétricas.

e. a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoelétricas impossibilita o desenvolvimento energético.

26. (Enem) A obtenção de energia por meio de fissão nuclear do ^{235}U é muito superior quando comparada à combustão da gasolina. O calor liberado na fissão do ^{235}U é $8 \cdot 10^{10}$ J/g e na combustão da gasolina é $5 \cdot 10^{4}$ J/g.

26. e

A massa de gasolina necessária para obter a mesma energia da fissão de 1 kg de ^{235}U é da ordem de

a. 10^3 g.

b. 10^4 g.

c. 10^5 g.

d. 10^6 g.

e. 10^9 g.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Estrelas e bombas de hidrogênio

A **fusão nuclear** é a junção de núcleos, formando núcleos maiores e liberando grande quantidade de energia. Para ocorrer fusão nuclear é necessária uma temperatura muito elevada, pelo menos da ordem de 10 milhões de graus Celsius. O Sol contém grande quantidade de hidrogênio e a temperatura em seu interior é suficiente para que ocorra a fusão de átomos de hidrogênio, formando átomos de hélio e liberando a energia irradiada por essa estrela.

Ocorre também fusão nuclear na explosão de uma **bomba de hidrogênio** (ou **bomba H**, ou **bomba termonuclear**). Nesse caso, o processo pode envolver deutério $\left({}_{1}^{2}\mathrm{H}\right)$ e trítio $\left({}_{1}^{3}\mathrm{H}\right)$, sendo assim equacionado:

$$ {}_{1}^{3}\mathrm{H} + {}_{1}^{2}\mathrm{H} \rightarrow {}_{2}^{4}\mathrm{He} + {}_{0}^{1}\mathrm{n} $$

Comparando-se massas iguais de material, essa transformação libera ainda mais energia que a fissão nuclear (reveja a Tabela 4). No entanto, para que a fusão ocorra, é necessária altíssima temperatura, conseguida através da explosão de uma bomba atômica, que funciona como detonador da bomba H. A Figura 12 mostra a nuvem de fumaça e destroços da explosão da primeira bomba de hidrogênio testada. Mais de 200 explosões nucleares já aconteceram por todo o planeta em testes nucleares. O lixo atômico desses eventos é espalhado pelo vento, pela água e pelos seres vivos (através das cadeias alimentares). A poeira e as cinzas lançadas na atmosfera podem subir além da camada das nuvens e permanecer meses em suspensão.

SCIENCE SOCIETY PICTURE LIBRARY/GETTY IMAGES

Figura 12. Nuvem de fragmentos que se elevou imediatamente após a explosão da primeira bomba de hidrogênio, testada pelos Estados Unidos em 31 de outubro de 1952, no Atol Eniwetok, Oceano Pacífico.

Aproveitar a energia da fusão nuclear para geração de energia elétrica em usinas seria extremamente vantajoso, pois o deutério e o trítio podem ser obtidos a partir da água do mar e o produto é menos perigoso que o lixo nuclear da fissão, contendo como radioisótopo apenas o trítio que eventualmente tenha restado. No entanto, ainda não existe tecnologia para realizar a fusão nuclear de maneira segura e controlada, embora existam estudos em andamento.

No restante deste capítulo, você conhecerá o ciclo de vida das estrelas e descobrirá que, nelas, podem ocorrer diversos processos de fusão nuclear que formam átomos de outros elementos químicos além do hélio. Também aprenderá como se originaram os átomos que não são formados por processos de fusão nuclear.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

27. (Enem) Suponha que você seja um consultor e foi contratado para assessorar a implantação de uma matriz energética em um pequeno país com as seguintes características: região plana, chuvosa e com ventos constantes, dispondo de poucos recursos hídricos e sem reservatórios de combustíveis fósseis. De acordo com as características desse país, a matriz energética de menor impacto e risco ambientais é a baseada na energia

27. e

a. dos biocombustíveis, pois tem menor impacto ambiental e maior disponibilidade.

b. solar, pelo seu baixo custo e pelas características do país favoráveis à sua implantação.

c. nuclear, por ter menor risco ambiental e ser adequada a locais com menor extensão territorial.

d. hidráulica, devido ao relevo, à extensão territorial do país e aos recursos naturais disponíveis.

e. eólica, pelas características do país e por não gerar gases do efeito estufa nem resíduos de operação.

28. (Enem) Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado.

28. d

Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?

a. Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.

b. Eólica, pois a geografia do local é própria para captação desse tipo de energia.

c. Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.

d. Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.

e. Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Controvérsias sobre o uso das tecnologias nucleares

> A elevada meia-vida dos isótopos produzidos nos reatores nucleares significa que o lixo nuclear emitirá radiação por várias gerações. Atualmente, muitos resíduos nucleares são armazenados no local em que são produzidos, enquanto os países desenvolvem planos para instalações subterrâneas para armazenamento de longo prazo. [...]
>
> Mais de 6.000 casos de câncer de tireoide foram reportados entre habitantes que eram crianças ou adolescentes na Ucrânia e em Belarus na época do acidente [na usina nuclear de Chernobyl]. [...]
>
> Nas duas semanas que se seguiram [ao acidente na usina nuclear de Fukushima], o governo japonês determinou que aproximadamente 300 mil pessoas que viviam a uma distância de 30 km da usina deixassem a região. [...]
>
> **Fonte:** FAHLMAN, B. D. *et al*. **Chemistry in context**: applying Chemistry to society. 9. ed. Nova York: American Chemical Society/McGraw-Hill, 2018. p. 244, 247, 248. (Tradução dos autores.)

Neste capítulo, mostramos aplicações importantes para a sociedade de processos envolvendo transformações do núcleo de átomos. Comentamos, também, que existem utilizações controversas, como a bomba atômica e a bomba de hidrogênio. O uso das tecnologias nucleares requer reflexões e discussões da sociedade.

A critério do professor, cada equipe ficará encarregada de pesquisar um dos temas a seguir e elaborar um vídeo destinado aos demais colegas da turma. (Sugestões para elaborar vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

- Consequências biológicas e psicológicas, ao longo dos anos, para os sobreviventes da explosão das bombas atômicas em Hiroshima (Fig. 13) e Nagasaki (Japão, 1945).
- Acidente na usina nuclear de Chernobyl (Ucrânia, 1986) (Fig. 14).
- Acidente na usina nuclear de Fukushima (Japão, 2011).

Após a turma ter assistido aos vídeos, cada equipe deverá fazer um levantamento de aspectos **positivos** e **negativos** do uso das diversas tecnologias relacionadas ao núcleo atômico (por exemplo, geração de energia elétrica, tratamentos médicos e pesquisas científicas), bem como de **argumentos favoráveis e contrários** à sua utilização. Em dia marcado, cada equipe deve expor o que obteve.

A seguir, realizem um debate, mediado pelo professor, em que cada estudante possa expressar sua **opinião** e suas **propostas** sobre a utilização dessas tecnologias nas diferentes áreas. Considerem, em seu debate, quais atitudes podem ser tomadas para contribuir com o estabelecimento da **cultura de paz** na sociedade. A troca de ideias acerca de temas controvertidos como esses é oportuna porque ajuda um cidadão a ser bem informado, a refletir sobre implicações benéficas e maléficas para a sociedade e a se posicionar sobre eles.

SCHULTZ REINHARD/PRISMA BY DUKAS PRESSEAGENTUR GMBH/ALAMY/FOTOARENA

Figura 13. Ruínas de Hiroshima, fotografadas cerca de um mês depois de a cidade ter sido devastada pela explosão da bomba atômica. (Hiroshima, Japão, 1945.)

SHONE/GAMMA-RAPHO/GETTY IMAGES

Figura 14. Vista aérea da usina de Chernobyl, três dias após a explosão do reator nuclear. (Pripyat, Ucrânia, 1986.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Em destaque

Radioatividade na ficção

A ficção científica muitas vezes serve como um espelho para medos e anseios da sociedade em relação a temas científicos, oferecendo uma visão dramatizada e simbólica dos desafios que enfrentamos. Um exemplo notável é a forma como a radioatividade e suas consequências são abordadas em filmes como *Godzilla*, nas edições de 1954 (Fig. 15), dirigida por Ishirō Honda, e de 2014 (Fig. 16), dirigida por Gareth Edwards.

ENTERTAINMENT PICTURES/ALAMY/FOTOARENA

Figura 15. Cena de *Godzilla*, versão de 1954.

CINEMATIC/ALAMY/FOTOARENA

Figura 16. Cena de *Godzilla*, versão de 2014.

Ambientado no contexto posterior aos bombardeios nucleares em Hiroshima e Nagasaki, em 1945, o filme *Godzilla* de 1954 reflete preocupações do Japão com a radiação. No enredo, Godzilla é um monstro pré-histórico despertado pela radiação de testes de bombas nucleares no Oceano Pacífico e que sofreu mutações devido a essa radiação. A radiação fez com que Godzilla crescesse até um tamanho colossal e desenvolvesse habilidades extraordinárias, como emitir feixes de radiação nuclear. O monstro emerge do mar e devasta várias cidades japonesas, espalhando caos e destruição. O filme simboliza o medo das consequências do uso bélico da energia nuclear, servindo como metáfora para o impacto devastador dessa utilização e para a necessidade de enfrentar os desafios associados a ela.

Em contraste, o filme *Godzilla* de 2014 reinterpreta a versão anterior para refletir preocupações contemporâneas sobre os riscos do uso da radiação, como o acidente ocorrido na usina de energia nuclear de Fukushima em 2011. A trama começa em 1999, nas Filipinas, onde uma equipe de cientistas descobre um antigo monstro predador. A história avança para 2014, quando esse monstro, chamado Muto, após ter se "alimentado" de radiação do vazamento de um reator nuclear por anos, sai de sua dormência para causar destruição por onde passa. Além de seu grande tamanho, esse monstro possui a habilidade de interferir em tecnologias humanas, como desativar equipamentos eletrônicos com a sua capacidade de emitir pulsos eletromagnéticos. É nesse cenário que Godzilla ressurge do fundo do mar para restaurar o equilíbrio natural ao enfrentar Muto.

Agora, debata com seus colegas as questões a seguir.

1. A representação da radiação nos filmes incorpora elementos de ciência e de ficção. Discuta a plausibilidade científica dessas representações em comparação com o conhecimento científico contemporâneo, considerando não apenas o impacto da radiação em seres vivos, mas também os efeitos apresentados no ambiente, as habilidades atribuídas aos monstros e o uso da radiação para geração de energia. Pesquise se existe algum ser vivo que se alimenta de radiação e compare essa informação com a forma como esse conceito é explorado no filme.
2. Quais são as principais limitações das representações, nesses filmes, da radioatividade e de suas consequências em comparação com o conhecimento científico contemporâneo? Considerem as aplicações reais da radioatividade que são benéficas para a sociedade e discutam como essas representações ficcionais podem influenciar a percepção pública a respeito da radioatividade.
3. Hulk (Fig. 17) é um personagem de quadrinhos da década de 1960. Na história original, a gênese da criatura está ligada a um acidente em que o cientista Bruce Banner foi exposto a uma dose elevadíssima de radiação gama. A partir do acidente, quando Banner fica irritado, transforma-se em Hulk. Estabeleçam a distinção entre essa ficção e a realidade, explicando o que de fato aconteceria com Banner como resultado da exposição.

ART VILLONE/ALAMY/FOTOARENA

Figura 17. O personagem Hulk, na capa de uma revista em quadrinhos da década de 1960.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

7. Formação de elementos químicos por fusão nuclear

OBJETO DIGITAL
Infográfico clicável: Origem dos elementos químicos no Universo

A Cosmologia é a parte das Ciências Naturais que estuda a origem, a estrutura e a evolução do Universo. Essa área elucidou muitos aspectos da **evolução estelar**, ou seja, da sequência de eventos que ocorre a partir do surgimento da estrela, momento em que começa a ocorrer fusão nuclear em seu interior. Uma das consequências desse estudo das estrelas foi a elucidação dos processos de **nucleossíntese**, ou seja, de como os núcleos dos átomos dos elementos químicos se formaram (Fig. 18).

MICHAEL WEBB/KEYSTONE/HULTON ARCHIVE/GETTY IMAGES

Figura 18. A astrofísica britânica Eleanor Margaret Burbidge (1919--2020), em foto de 1971. Ela está entre os cientistas pioneiros na área de estudos hoje denominada Nucleossíntese dos elementos.

Após o surgimento de uma estrela, o aquecimento decorrente da energia liberada na fusão nuclear provoca aumento da pressão em seu interior, o que tende a fazer a estrela se expandir. Contudo, existe um fator que se opõe a essa expansão, a atração gravitacional, que tende a provocar a contração do astro. Uma estrela permanece estável, mantendo seu tamanho ao longo do tempo, enquanto esses dois fatores permanecerem equilibrados, um compensando o outro.

As estrelas de maior massa realizam fusão nuclear mais velozmente que as de menor massa, liberando energia mais rapidamente e acarretando maior tendência à expansão do astro, que é equilibrada pela maior atração gravitacional. Consequentemente, as estrelas de maior massa esgotam o suprimento de hidrogênio do núcleo em menos tempo. O Sol é uma estrela de massa mediana e que permanecerá na situação descrita (tendência de expansão compensada pela tendência de contração) por aproximadamente 10 bilhões de anos, dos quais 4,6 bilhões de anos já se passaram desde sua origem.

Quando o suprimento de hidrogênio no interior da estrela diminui significativamente, importantes mudanças podem ocorrer, e a estrela entra em uma nova fase de sua existência. A pressão interna diminui e não mais equilibra a atração gravitacional, o que provoca contração da estrela. Isso aquece muito o interior e possibilita a fusão nuclear de átomos de hélio, produzindo átomos de carbono.

$$^{4}_{2}\text{He} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{8}_{4}\text{Be}$$
$$^{8}_{4}\text{Be} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{12}_{6}\text{C} + {}^{0}_{0}\gamma$$

Se a massa da estrela for suficientemente elevada, estágios posteriores da evolução estelar podem conduzir a temperaturas internas ainda maiores, possibilitando diversos outros fenômenos de fusão nuclear (com eventuais decaimentos radioativos de alguns dos produtos), conduzindo à síntese de núcleos maiores, por exemplo, ${}^{16}_{8}\text{O}$, ${}^{20}_{10}\text{Ne}$, ${}^{23}_{11}\text{Na}$, ${}^{24}_{12}\text{Mg}$, ${}^{28}_{14}\text{Si}$, ${}^{31}_{15}\text{P}$, ${}^{32}_{16}\text{S}$.

Assim, a partir de átomos de hidrogênio, fenômenos estelares produzem núcleos de átomos de outros elementos químicos. Contudo, essa nucleossíntese não tende a ultrapassar o ferro-56 $\left({}^{56}_{26}\text{Fe}\right)$, ou seja, núcleos com número atômico superior ao desse elemento não têm propensão a serem produzidos nessas condições. Discutiremos, a seguir, qual é a explicação para esse fato.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

8. Curva de energia de ligação por núcleon

Consideremos um núcleo do átomo de ^4_2He. Vamos comparar a massa desse núcleo com a massa dos prótons e nêutrons que o constituem. Para isso, utilizaremos os seguintes valores obtidos experimentalmente, expressos em unidades de massa atômica unificada (u):

- massa de um próton: 1,00728 u
- massa de um nêutron: 1,00866 u
- massa de um núcleo de ^4_2He: 4,00150 u

Somando a massa de dois nêutrons ($2 \cdot 1{,}00866$ u) e dois prótons ($2 \cdot 1{,}00728$ u) chegamos ao valor de 4,03188 u, que é maior que a massa do núcleo de ^4_2He (4,00150 u). A conclusão é que esse núcleo tem massa menor que a de seus constituintes isolados. A repetição do mesmo procedimento para todos os átomos conhecidos revelou que apresentam massa inferior à dos seus **núcleons** (prótons e nêutrons) isolados.

A diferença entre a soma da massa de todos os núcleons isolados e a massa experimental de um núcleo atômico é denominada **defeito de massa**, que representaremos por Δm. No caso do ^4_2He, o valor dessa grandeza é:

$$\Delta m = 4{,}03188\ \text{u} - 4{,}00150\ \text{u} = 0{,}03038\ \text{u}$$

Considerando a relação entre u e kg, que é $1\ \text{u} = 1{,}661 \cdot 10^{-27}$ kg, podemos expressar o defeito de massa em quilogramas, obtendo $5{,}046 \cdot 10^{-29}$ kg.

A equação de Einstein, $E = m \cdot c^2$ (em que c é a velocidade da luz no vácuo, $2{,}998 \cdot 10^8$ m/s), enuncia uma equivalência entre massa (m) e energia (E). Vamos empregar essa equação em duas situações:

- núcleons isolados: $E_{\text{núcleons}} = m_{\text{núcleons}} \cdot c^2$
- núcleo atômico: $E_{\text{núcleo}} = m_{\text{núcleo}} \cdot c^2$

Subtraindo a segunda equação da primeira, temos:

$$E_{\text{núcleons}} - E_{\text{núcleo}} = (m_{\text{núcleons}} - m_{\text{núcleo}}) \cdot c^2 \quad \text{ou} \quad \Delta E = (\Delta m) \cdot c^2$$

Nessa expressão, Δm é o defeito de massa e ΔE representa a diferença de energia entre os núcleons isolados e o núcleo do átomo. Em outras palavras, ΔE é uma medida de quanto o núcleo de um átomo é mais estável que os seus constituintes isolados, denominada **energia de ligação do núcleo**.

No caso do núcleo de ^4_2He, temos:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 5{,}046 \cdot 10^{-29}\ \text{kg} \cdot (2{,}998 \cdot 10^8\ \text{m/s})^2 = 4{,}535 \cdot 10^{-12}\ \text{J}$$

O resultado indica que a fragmentação de um núcleo de ^4_2He em dois prótons e dois nêutrons necessitaria de absorção de $4{,}535 \cdot 10^{-12}$ J. Inversamente, a formação de um núcleo de ^4_2He a partir de dois prótons e dois nêutrons liberaria $4{,}535 \cdot 10^{-12}$ J.

Dividindo a energia de ligação pelo número de massa (A), que expressa o total de núcleons, obtemos a **energia de ligação por núcleon**. No caso do ^4_2He:

$$\text{energia de ligação por núcleon do } ^4_2\text{He} = \frac{\Delta E}{A} = \frac{4{,}535 \cdot 10^{-12}\ \text{J}}{4} = 1{,}134 \cdot 10^{-12}\ \text{J}$$

É comum expressar a energia de ligação por núcleon em megaelétron-volt ($1\ \text{MeV} = 1{,}6 \cdot 10^{-13}$ J). No caso do ^4_2He, o valor é 7,1 MeV. Para o $^{56}_{26}\text{Fe}$ ela vale 8,8 MeV e para o $^{238}_{92}\text{U}$, 7,6 MeV.

A Figura 19 representa como a energia de ligação por núcleon varia em função do número de massa (A) para alguns núcleos. De modo geral, ela é baixa para núcleos pequenos, cresce até um valor máximo para o $^{56}_{23}\text{Fe}$ e decresce à medida que A aumenta além disso. Se comparados aos núcleons formadores isolados, os núcleos com número de massa próximo ao do ferro-56 são mais estáveis que átomos bem menores ou bem maiores. A curva esclarece, por exemplo, que, na fissão nuclear, núcleos muito grandes fragmentam-se em outros mais estáveis.

No tocante à fusão nuclear em estrelas, a Figura 19 indica que ela produz núcleos de maior estabilidade. A ocorrência de processos desse tipo depende, contudo, de a temperatura nas partes centrais da estrela ser suficientemente elevada. Se a massa estelar possibilitar que essa temperatura atinja valores adequados, processos de fusão nuclear acarretam a nucleossíntese até por volta do ferro-56, não além. Então, como os demais elementos químicos se formaram? Discutiremos isso a seguir.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Variação da energia de ligação por núcleon com o número de massa

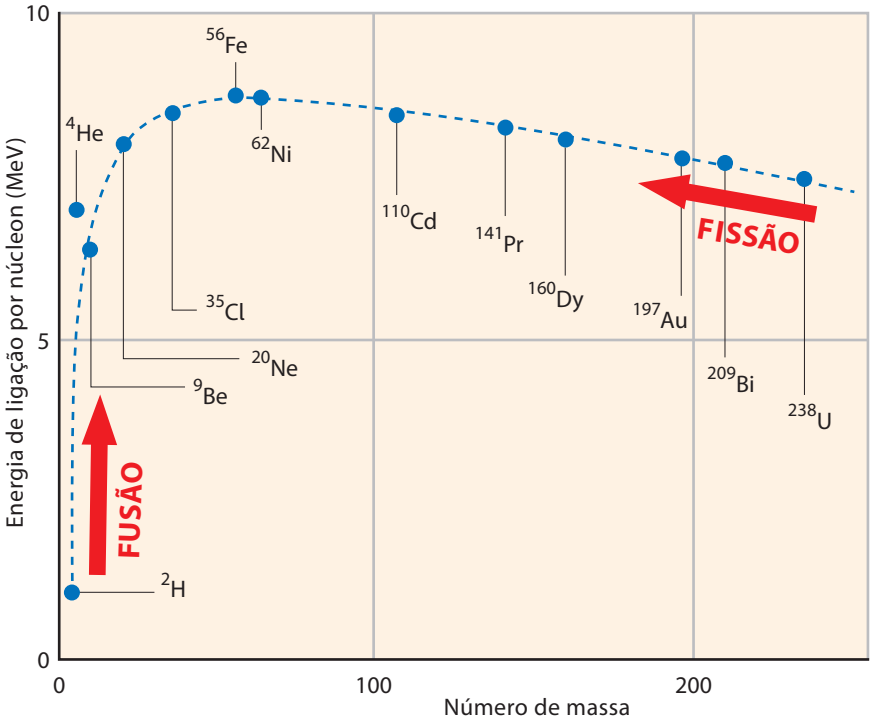


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: WALKER, J. **Halliday & Resnick Fundamentals of Physics**. 12. ed. Hoboken: John Wiley, 2022. p. 1359.

Figura 19. Valores de energia de ligação por núcleon em função do número de massa para alguns núcleos. A linha tracejada indica a tendência geral observada, embora nem todos os valores estejam exatamente sobre ela. O ponto máximo da curva ocorre no ferro-56, que é o núcleo de maior estabilidade se comparado aos núcleons isolados.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

29. a **29.** O núcleo do isótopo $^{20}_{10}$Ne é constituído de 10 prótons e 10 nêutrons e sua massa, determinada experimentalmente, é 19,99 u. Contudo, se somarmos as massas de 10 prótons e 10 nêutrons, considerados isoladamente, chegamos a 20,16 u.
Sobre isso, é correto afirmar que:
a. A massa do núcleo é menor que a dos núcleons separados, indicando a estabilidade do núcleo em relação a seus constituintes isolados.
b. A massa do núcleo é maior que a dos núcleons separados, indicando a instabilidade do núcleo em relação a seus constituintes isolados.
c. A massa do núcleo é menor que a dos núcleons separados, indicando a instabilidade do núcleo em relação a seus constituintes isolados.
d. A massa do núcleo é maior que a dos núcleons separados, indicando a estabilidade do núcleo em relação a seus constituintes isolados.

30. c **30.** Sobre o núcleo do isótopo $^{20}_{10}$Ne, ao qual se referiu a atividade anterior, a diferença entre 20,16 u e 19,99 u, que resulta 0,17 u, é denominada:
a. massa adicional.
b. massa atômica.
c. defeito de massa.
d. acréscimo de massa.

31. c **31.** Ainda sobre o núcleo do isótopo $^{20}_{10}$Ne , o valor 0,17 u corresponde a $2{,}8 \cdot 10^{-28}$ kg.
Se esse valor de Δm for substituído na equação de Einstein, $\Delta E = (\Delta m) \cdot c^2$ (em que $c = 2{,}998 \cdot 10^8$ m/s), resulta $2{,}5 \cdot 10^{-11}$ J ou, expresso em megaelétron-volt, 157 MeV. Esse resultado é a:
a. energia de fissão nuclear do neônio-20 e representa a energia liberada quando esse núcleo se fragmenta espontaneamente em prótons e nêutrons isolados.
b. energia de combustão do núcleo de neônio-20 e representa a energia que deveria ser fornecida a esse núcleo para que seja queimado.
c. energia de ligação do núcleo de neônio-20 e representa a energia que deveria ser fornecida a esse núcleo para fragmentá-lo nos prótons e nêutrons isolados.
d. energia de fusão nuclear do neônio-20 e representa a energia liberada quando esse núcleo se fragmenta espontaneamente nos prótons e nêutrons isolados.

32. b **32.** Se o valor 157 MeV, mencionado na atividade anterior, for dividido pelo número de massa do isótopo $^{20}_{10}$Ne, o resultado será 7,85 MeV.
Esse resultado é a:
a. energia de ionização do neônio-20.
b. energia de ligação por núcleon do neônio-20.
c. entalpia de combustão do neônio-20.
d. energia de decaimento nuclear do neônio-20.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

9. Formação de elementos químicos por outros processos

Em estágios tardios de sua existência, as estrelas que têm massa maior que oito vezes a do Sol passam por eventos que envolvem uma gigantesca explosão. Nesses astros, quando o material que poderia passar por fusão nuclear está terminando, ocorre brusca contração devido à atração gravitacional, causando rápida e altíssima elevação da temperatura interna, o que provoca uma expansão explosiva de proporções extremamente grandes. Essa explosão é um fenômeno denominado **supernova**.

A energia liberada por uma supernova é tão grande que pode ser maior que o total emitido por todas as estrelas da galáxia naquele momento. O brilho resultante pode ser observado durante dias. Alguns eventos desse tipo com estrelas da nossa Galáxia ocorreram em 1006, 1054 (Fig. 20), 1572 e 1604. É possível que as estrelas Betelgeuse e Antares, um dia, originem supernovas.

A explosão de uma supernova projeta material do interior da estrela em todas as direções, a altíssimas velocidades. A colisão de partículas provenientes dessa explosão com núcleos atômicos presentes no caminho (por exemplo, nas camadas mais externas da própria estrela) origina nuclídeos com números atômicos superiores ao do ferro. Entre os diversos processos que podem ocorrer, destacam-se as **capturas neutrônicas**, em que nêutrons arremessados na explosão colidem com nuclídeos e se incorporam a eles, produzindo núcleos com número atômico superior ao do ferro.

Muitos dos nuclídeos resultantes são instáveis e passam por sucessivos decaimentos radioativos até chegar a nuclídeos estáveis ou com tempo de meia-vida muito elevado. Entre os inúmeros processos nucleares formadores desses elementos, podemos esquematizar os seguintes, a título de exemplo:

$$^{56}_{26}Fe \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{57}_{26}Fe \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{58}_{26}Fe \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{59}_{26}Fe \xrightarrow{^{1}_{0}n} \text{etc.}$$

$$^{59}_{27}Co \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{60}_{27}Co \quad \text{(emissão } \beta^-\text{ de } {}^{59}_{26}Fe\text{)}$$

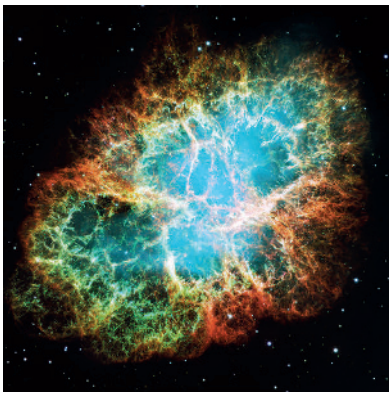
$$^{60}_{28}Ni \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{61}_{28}Ni \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{62}_{28}Ni \xrightarrow{^{1}_{0}n} {}^{63}_{28}Ni \xrightarrow{^{1}_{0}n} \text{etc.}$$

$$^{63}_{29}Cu \xrightarrow{^{1}_{0}n} \text{etc.} \quad \text{(emissão } \beta^-\text{ de } {}^{63}_{28}Ni\text{)}$$

Assim foram produzidos os núcleos dos átomos de elementos com número atômico superior ao do ferro, que se espalharam pelo Universo juntamente com os demais restos de explosões estelares (contendo elementos até o ferro), incorporando-se a nébulas e podendo originar, posteriormente, novas estrelas e planetas.

A idade do Universo é estimada em cerca de 13,8 bilhões de anos, enquanto o Sistema Solar tem 4,6 bilhões de anos. Nosso Sistema Solar se originou de uma nébula que continha restos da explosão de estrelas que existiram antes de sua formação e explodiram como supernovas.

O Sol e o Sistema Solar não são, portanto, uma primeira geração de astros. Se fossem, conteriam apenas hidrogênio, hélio e pequeníssima quantidade de lítio, provenientes do *big bang*, o evento inicial do Universo. Diferentemente disso, são constituídos de materiais que foram violentamente ejetados de uma geração anterior de estrelas que chegaram ao estágio de supernova.

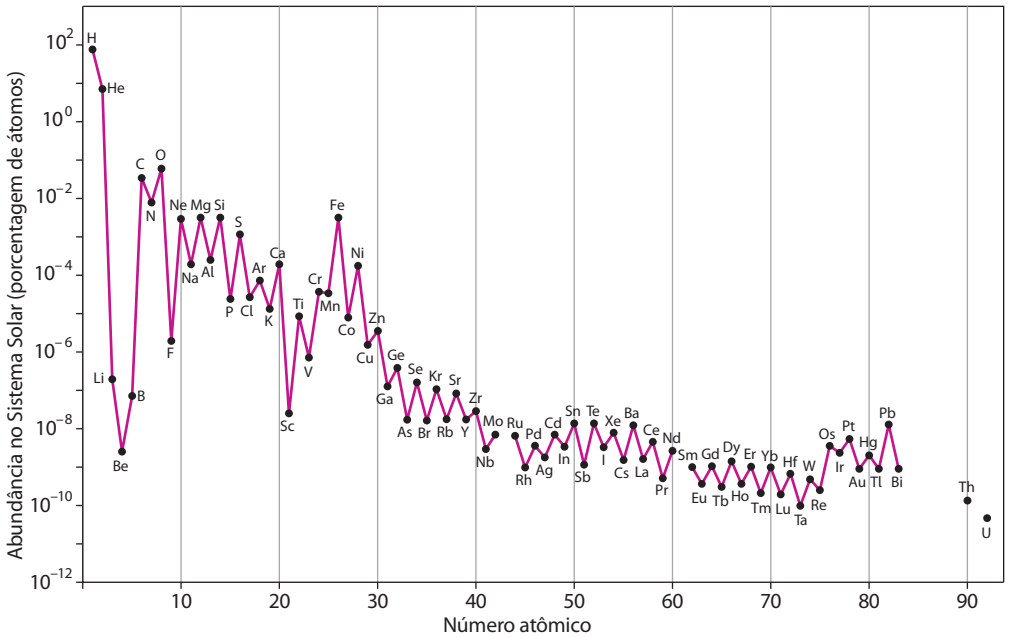


ESA AND ALLISON LOLL/JEFF HESTER (ARIZONA STATE UNIVERSITY). DAVIDE DE MARTIN (ESA/HUBBLE)/NASA

Figura 20. Nebulosa do Caranguejo (NGC 1952), que está a 6.500 anos-luz da Terra e tem diâmetro de 11 anos-luz, aproximadamente. Ela é remanescente da supernova que ocorreu em 1054, tão luminosa que foi vista da Terra, de dia, por 23 dias consecutivos. (Imagem óptica captada pelo Telescópio Espacial Hubble.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Abundância dos elementos químicos no Sistema Solar



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: RAYNER-CANHAM, G. **The periodic table**; past, present and future. Hackensack: World Scientific, 2020. p. 10.

Figura 21. Gráfico da abundância de elementos químicos no Sistema Solar, expressa como porcentagem do total de átomos, em função do número atômico.

As abundâncias dos diferentes elementos no Sistema Solar (Fig. 21) revelam que hidrogênio e hélio permaneceram com elevada abundância; apenas pequena parte deles reagiu nos processos nucleares de fusão. Átomos de lítio ($_3$Li), berílio ($_4$Be) e boro ($_5$B) não se acumularam em grande quantidade devido à rapidez com que foram transformados, por fusão nuclear nas estrelas, em outros elementos subsequentes. Os mais abundantes, depois de hidrogênio e hélio, são oxigênio ($_8$O), carbono ($_6$C) e nitrogênio ($_7$N).

Em linhas gerais, a abundância decresce até o zinco ($_{30}$Zn), com o ferro ($_{26}$Fe) representando uma notável exceção a essa tendência devido à sua grande estabilidade nuclear. Os elementos de números atômicos pares tendem a ser mais abundantes que seus vizinhos de número atômico ímpar. Se a abundância de todos os elementos posteriores ao zinco for somada, o resultado não supera a abundância do ferro.

Depois de estudar este capítulo, talvez você nunca mais olhe para uma tabela periódica da mesma maneira.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

O cientista estadunidense Carl Edward Sagan (1934-1996), além de atuar em diversas áreas, como Física, Astronomia e Astrofísica, teve vasta produção intelectual de divulgação científica. Escreveu vários livros, entre eles *Cosmos* e *Pálido ponto azul*.

Na obra *Conexão cósmica: uma perspectiva extraterrestre*, publicada originalmente em 1973, assim escreveu referindo-se à composição química dos seres humanos: "**nós somos poeira de estrelas**". Essa frase já foi repetida por vários outros intelectuais em textos sobre a vida na Terra e os elementos químicos em que ela se fundamenta.

Em equipes, após o estudo do item 9, produzam um vídeo de divulgação científica que explique à comunidade o significado dessa frase, sob o ponto de vista das Ciências da Natureza. (Sugestões para a elaboração de vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.)

Para essa produção, pesquisem informações que considerarem necessárias e recursos digitais (animações, vídeos, simuladores) que ajudem na transmissão da ideia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

33. Em 1957, a astrofísica britânica Eleanor Margaret Burbidge (Figura 18 deste capítulo) publicou um artigo científico de 104 páginas intitulado *Síntese de elementos em estrelas*, juntamente com os astrônomos britânicos Geoffrey Burbidge (1925-2010) e Fred Hoyle (1915-2001) e o físico estadunidense William Fowler (1911-1995). Esse artigo é considerado seminal, ou seja, apresentou uma ideia de grande relevância e influência nesse campo do conhecimento, originando a área de estudos hoje denominada nucleossíntese dos elementos. Leia o trecho a seguir, extraído do artigo:

> Em contraste com as outras teorias que requerem matéria em um determinado estado primordial particular a respeito do qual não temos evidência, esta teoria está intimamente relacionada ao fato de que transformações nucleares ocorrem rotineiramente dentro de estrelas. [...] É necessário que os elementos químicos, como quer que sejam formados, estejam distribuídos em uma escala cósmica. As estrelas fazem isso ejetando material, o mais eficiente dos mecanismos sendo provavelmente a ejeção explosiva de material por supernovas [...].

Fonte: BURBIDGE, E. M.; BURBIDGE, G. R.; FOWLER, W. A.; HOYLE, F. Synthesis of the elements in stars. **Reviews of Modern Physics**. v. 20, n. 4, 1957. p. 550. (Tradução dos autores.)

O trecho apresenta argumento para apoiar a teoria:

33. d

a. da formação de elementos químicos em explosões nucleares causadas pelo ser humano.

b. de que todos os átomos de elementos químicos foram criados no *big bang* ou logo depois dele.

c. de que as estrelas contêm grande diversidade de elementos químicos, que fazem parte de sua composição desde o momento de sua formação.

d. da formação da maioria dos elementos químicos por processos nucleares relacionados à evolução estelar.

e. apenas a fusão nuclear é suficiente para explicar a formação de todos os elementos químicos.

34. Modelos científicos sugerem que, durante a história da Galáxia, supernovas sintetizaram cerca de metade do ferro existente no Sistema Solar. Estrelas massivas sintetizaram a outra metade.

Fonte: ZAIKOWSKI, L.; FRIEDRICH, J. M. **Chemical evolution across space & time**; from the big bang to prebiotic Chemistry. Washington: American Chemical Society, 2008. p. 54. (Tradução dos autores.)

Quanto à origem dos átomos do elemento químico mencionado, presente em nosso planeta, é uma visão aceita atualmente pela Ciência que:

34. c

a. resultaram de reações químicas que aconteceram durante a formação do planeta.

b. são o resultado de sucessivas fusões nucleares que aconteceram no interior da Terra quando esse interior era bem mais quente que hoje.

c. já existiam quando nosso planeta se formou, há cerca de 4,6 bilhões de anos.

d. são extragalácticos, ou seja, são provenientes de outras galáxias.

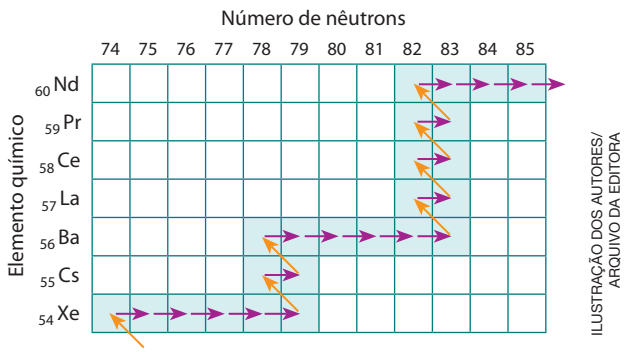
e. resultaram de combustão ocorrida em estrelas.

35. Estrelas que, durante sua evolução, atingem temperaturas suficientemente elevadas para a fusão nuclear do carbono propiciam a formação de alguns elementos químicos por processos como os equacionados a seguir, em que X, Y, Z e W são representações literais para os nuclídeos produzidos:

$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C \rightarrow X + {}^{0}_{0}\gamma$$
$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C \rightarrow Y + {}^{1}_{1}H$$
$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C \rightarrow Z + {}^{4}_{2}He$$
$$^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C \rightarrow W + 2\,{}^{4}_{2}He$$

Determine os números atômico e de massa dos nuclídeos produzidos e identifique-os pelo símbolo e pelo nome do respectivo elemento químico.

36. O esquema a seguir representa alguns dos inúmeros processos de síntese de nuclídeos que acontecem durante explosões de supernovas.



Fonte: SHAVIV, G. **The Synthesis of the Elements**; the astrophysical quest for nucleosynthesis and what it can tell us about the Universe. Heidelberg: Springer, 2012. p. 471.

Nesse esquema, cada quadradinho colorido representa um nuclídeo formado. As setas indicam dois tipos de transformações nucleares.

a. Que processo é representado pelas setas roxas?

b. Represente, por meio de uma equação, a transformação do isótopo mais leve de xenônio (Xe) presente no esquema no isótopo que tem um nêutron a mais do que ele.

c. As setas em laranja representam que decaimento?

d. Equacione a transformação do isótopo mais pesado de bário (Ba) no isótopo mais leve de lantânio (La) representados no esquema.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Unifor-CE) Determine qual é a partícula que constitui a radiação emitida pelo radioisótopo I-131, de acordo com a equação:

1. b

$$^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + \text{partícula}$$

a. α
b. β^-
c. pósitron
d. nêutron
e. próton

2. (Enem) Partículas beta, ao atravessarem a matéria viva, colidem com uma pequena porcentagem de moléculas e deixam atrás de si um rastro aleatoriamente pontilhado de radicais livres e íons quimicamente ativos. Essas espécies podem romper ainda outras ligações moleculares, causando danos celulares.

2. a

Fonte: HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002. (adaptado).

A capacidade de gerar os efeitos descritos dá-se porque tal partícula é um

a. elétron e, por possuir massa relativa desprezível, tem elevada energia cinética translacional.
b. nêutron e, por não possuir carga elétrica, tem alta capacidade de produzir reações nucleares.
c. núcleo do átomo de hélio (He) e, por possuir massa elevada, tem grande poder de penetração.
d. fóton e, por não possuir massa, tem grande facilidade de induzir a formação de radicais livres.
e. núcleo do átomo de hidrogênio (H) e, por possuir carga positiva, tem alta reatividade química.

3. (UFPI) Na indústria nuclear os trabalhadores utilizam a regra prática de que a radioatividade de qualquer amostra torna-se inofensiva após dez meias-vidas. Identifique a fração que permanecerá após esse período:

3. a

a. 0,098%.
b. 0,195%.
c. 0,391%.
d. 1,12%.
e. 3,13%.

4. (Enem) Glicose marcada com nuclídeos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro, por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4 min, de acordo com a equação da reação nuclear:

4. d

$$^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{1}e$$
(pósitron)

A partir da injeção de glicose marcada com esse nuclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é de cinco meias-vidas. Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do nuclídeo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de

a. 0,200
b. 0,969
c. 9,80
d. 31,3
e. 200

5. (Uerj) Considere a tabela a seguir, na qual são apresentadas algumas propriedades de dois radioisótopos, um do polônio e um do rádio.

Radioisótopo	Meia-vida (anos)	Partícula emitida
polônio-208	3	α
rádio-224	6	β

Em um experimento, duas amostras de massas diferentes, uma de polônio-208 e outra de rádio-224, foram mantidas em um recipiente por 12 anos. Ao final desse período, verificou-se que a massa de cada um desses radioisótopos era igual a 50 mg. Calcule a massa total, em miligramas, de radioisótopos presente no início do experimento. Escreva também os símbolos dos elementos químicos formados no decaimento de cada um desses radioisótopos.

6. (UEPG-PR) Uma série radioativa consiste em um conjunto de radioisótopos que são formados a partir de um radioisótopo inicial, pela sucessiva emissão de partículas alfa e beta. Na série radioativa que se inicia com o $^{237}_{93}Np$ e termina com o $^{209}_{83}Bi$, o número de partículas α e β emitidas é de, respectivamente:

6. b

a. 3 e 5. **b.** 7 e 4. **c.** 6 e 3. **d.** 5 e 2. **e.** 8 e 6.

7. (Unopar-PR) Uma amostra de carvão mineral, originada pelo soterramento de árvores, numa devastação de floresta, revelou conter 25% de teor de carbono-14 existente na atmosfera. O tempo, em anos, em que essa árvore foi soterrada é ($t_{1/2}$ do C-14 = 5.730 anos)

7. d

a. 2.865.
b. 5.730.
c. 8.595.
d. 11.460.
e. 17.190.

8. (Fuvest-SP) Considere os seguintes materiais:

8. c

I. Artefato de bronze (confeccionado pela civilização inca).
II. Mangueira centenária (que ainda produz frutos nas ruas de Belém do Pará).
III. Corpo humano mumificado (encontrado em tumbas do Egito Antigo).

O processo da datação, por carbono-14, é adequado para estimar a idade apenas:

a. do material I.
b. do material II.
c. do material III.
d. dos materiais I e II.
e. dos materiais II e III.

9. (Enem) Pesquisadores recuperaram DNA de ossos de mamute (*Mammuthus primigenius*) encontrados na Sibéria, que tiveram sua idade de cerca de 28 mil anos confirmada pela técnica do carbono-14.

9. a

Fonte: AGÊNCIA FAPESP. **DNA de mamute é revelado**. Agência Fapesp, 2005. Disponível em: https://agencia.fapesp.br/dna-de-mamute-e-revelado/4798 (adaptado). Acesso em: 19 out. 2024.

CONTINUA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A técnica de datação apresentada no texto só é possível devido à

a. proporção conhecida entre carbono-14 e carbono-12 na atmosfera ao longo dos anos.

b. decomposição de todo o carbono-12 presente no organismo após a morte.

c. fixação maior do carbono-14 nos tecidos de organismos após a morte.

d. emissão de carbono-12 pelos tecidos de organismos após a morte.

e. transformação do carbono-12 em carbono-14 ao longo dos anos.

10. (Uerj) O reator atômico instalado no município de Angra dos Reis é do tipo PWR – Reator de Água Pressurizada. O seu princípio básico consiste em obter energia através do fenômeno fissão nuclear, em que ocorre a ruptura de núcleos pesados em outros mais leves, liberando grande quantidade de energia. Esse fenômeno pode ser representado pela seguinte equação nuclear:

10. b

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{144}_{55}Cs + T + 2\,{}^{1}_{0}n + \text{energia}$$

Os números atômico e de massa do elemento T são respectivamente:

a. 27 e 91. **b.** 37 e 90. **c.** 39 e 92. **d.** 43 e 93.

11. (Enem) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado "lixo atômico". Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de:

11. a

a. emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.

b. acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.

c. ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.

d. exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.

e. emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

12. (Enem) O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

12. d

I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como "combustível", não é queimado, mas sofre fissão.

II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que:

a. o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.

b. o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.

c. o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.

d. ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.

e. ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está se tornando uma necessidade inquestionável.

13. (Enem) Embora a energia nuclear possa ser utilizada para fins pacíficos, recentes conflitos geopolíticos têm trazido preocupações em várias partes do planeta e estimulado discussões visando o combate ao uso de armas de destruição em massa. Além do potencial destrutivo da bomba atômica, uma grande preocupação associada ao emprego desse artefato bélico é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.

13. a

Qual é o processo envolvido na detonação dessa bomba?

a. Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.

b. Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.

c. Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.

d. Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.

e. Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.

14. Alguns átomos de elementos químicos leves são produzidos quando partículas vindas do espaço (raios cósmicos) – prótons, por exemplo – atingem núcleos de átomos na atmosfera. Dois exemplos são:

$$^{1}_{1}p + {}^{12}_{6}C \rightarrow X + {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{1}p$$

$$^{1}_{1}p + {}^{12}_{6}C \rightarrow Y + 2\,{}^{1}_{1}p$$

Determine de que elementos químicos são os nuclídeos X e Y produzidos, e represente-os por seus símbolos, acompanhados de número atômico e número de massa.

15. Como estudamos neste capítulo, capturas eletrônicas podem acontecer em decorrência da explosão de determinadas estrelas, em um fenômeno denominado supernova. Um exemplo de processo de captura neutrônica pode ser assim equacionado:

15. b

$$^{209}Bi + {}^{1}_{0}n \rightarrow X + {}^{0}_{0}\gamma$$

Analisando a equação desse processo nuclear (e consultando a tabela periódica dos elementos, caso seja necessário), é possível concluir que o nuclídeo X é o:

a. chumbo-210 **c.** polônio-209

b. bismuto-210 **d.** astato-209

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

CAPÍTULO 24

Nanotecnologia

O assunto deste capítulo também é trabalhado no Capítulo 22 do volume de Física desta coleção.

CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARTIN WITTE/ALAMY/FOTOARENA

Como a nanotecnologia, que trabalha com a estruturação de materiais em dimensões moleculares, pode ajudar a poupar combustível na navegação marítima? (Cargueiro dinamarquês Emma, o maior do mundo, fotografado em Cuxhaven, Alemanha.)

Cracas no casco! Não é um trava-língua, mas um pesadelo para a navegação comercial. As cracas são crustáceos marinhos que, na fase adulta, vivem fixados em rochas à beira-mar. Se você nunca viu uma, dê uma busca de fotos na internet e conheça esses interessantes animais. Quando fixados a uma superfície, secretam um material contendo carbonato de cálcio ($CaCO_3$), que constitui um exoesqueleto (esqueleto externo) composto de placas rígidas que lembram cones com uma abertura superior.

As cracas normalmente fixam-se em substratos rochosos, mas podem fixar-se também ao casco de embarcações, onde causam estragos. São de difícil remoção e podem até provocar o emperramento de hélices de motores ou a obstrução de propulsores. Quando cracas aderem aos cascos de navios que transportam mercadorias, provocam grande aumento no atrito do casco com a água. Para superá-lo, é necessário gastar mais combustível, o que eleva o custo do transporte.

Como você estudará neste capítulo, a nanotecnologia busca a preparação, o estudo das propriedades e a aplicação prática dos materiais em uma escala de tamanho muito pequena, muitíssimo menor que um navio cargueiro ou uma craca.

As pesquisas em nanotecnologia têm possibilitado a criação de materiais com propriedades úteis. Exemplo disso é o desenvolvimento de revestimentos que podem ser aplicados a superfícies a fim de torná-las muito lisas e pouco aderentes. Um revestimento desse tipo, adequadamente aplicado ao casco de um navio, inviabiliza a fixação das cracas e resolve o problema.

Neste capítulo, você conhecerá outros exemplos de progressos decorrentes das pesquisas em nanotecnologia e conhecerá também algumas aplicações promissoras. Também perceberá que existe a necessidade de contínua atenção da sociedade a respeito da introdução de certas inovações, pois a segurança dos indivíduos e a sanidade ambiental devem ser sempre uma prioridade quando se projetam e comercializam novos produtos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

1. O que é nanotecnologia

Na escala de tamanho das coisas que podemos ver ou perceber pelo tato, os objetos, por menores que possam parecer, são constituídos de uma quantidade inimaginavelmente grande de átomos.

Para você ter uma ideia, imagine que um balde de brinquedo contenha 1 kg de areia pura, que consideraremos ser constituída de pequeninos cristais de dióxido de silício, SiO_2 (s), de massa 1 mg. No balde, existe um milhão desses cristais, valor que descobrimos dividindo a massa total (1.000 g) pela massa de um grão (0,001 g). Cada um desses minúsculos cristais, que está próximo ao nosso limite de acuidade visual (isto é, daquilo que o ser humano é capaz de distinguir visualmente), é constituído por cerca de 10 quintilhões de átomos.

Quando a matéria está em fase sólida ou em fase líquida, as partículas que a constituem (sejam átomos, moléculas ou íons) estão bastante próximas umas das outras. Por esse motivo, as fases sólida e líquida são coletivamente denominadas **fases condensadas** da matéria. Essa é uma situação bem diferente da que ocorre em fase gasosa; no gás oxigênio a 25 °C e 1 atm, a distância média entre duas moléculas é cerca de 18 vezes o tamanho de cada uma delas.

Muitas substâncias em fases condensadas já tiveram propriedades como cor, densidade e condutividade elétrica determinadas em estudos químicos e físicos. Por exemplo, a substância simples metálica ouro (Au), a 25 °C e 1 atm, é um sólido que reflete bem a luz e apresenta coloração amarela. O composto químico benzeno (C_6H_6), nas mesmas condições, é líquido, incolor e isolante elétrico.

Contudo as propriedades típicas da coletividade de átomos, íons ou moléculas nas fases condensadas podem ser bem distintas daquelas apresentadas se uma amostra for fragmentada em porções de dimensões nanométricas.

O **nanômetro** (nm) é uma unidade de medida de comprimento que equivale à bilionésima parte do metro:

$$1 \text{ nanômetro} = 1 \text{ nm} = \frac{1}{10^9} \text{ m} = 10^{-9} \text{ m}$$

Se o ouro metálico estiver sob a forma de partículas com algumas dezenas de nanômetros de diâmetro, sua cor não será amarela, mas vermelha (Fig. 1). Outro exemplo interessante é citado pelo pesquisador brasileiro Henrique Toma em um de seus livros sobre nanotecnologia: embora uma amostra macroscópica de benzeno se comporte como isolante elétrico, uma única molécula dessa substância, se fosse posicionada entre dois eletrodos nanométricos, possibilitaria a passagem de corrente elétrica.

Neste capítulo, ao falar em **dimensões nanométricas**, estaremos nos referindo a comprimentos compreendidos aproximadamente na faixa de 1 nm a 100 nm.

Os **materiais nanométricos** são aqueles que têm pelo menos uma dimensão nessa faixa. Por exemplo, um cubo de material sólido com aresta de 10 nm tem as três dimensões nessa faixa, a altura, a largura e a profundidade. Uma camada de espessura 10 nm constituída de determinada substância depositada sobre um objeto macroscópico tem uma dimensão nanométrica, a espessura (Fig. 2).

Podemos chamar de **nanociência** toda a atividade de pesquisadores de áreas relativas às Ciências da Natureza sobre propriedades de materiais nanométricos. A associação a áreas como Engenharia, Medicina e Tecnologia da informação possibilita diversificadas aplicações práticas que constituem a **nanotecnologia**. Este capítulo fornecerá noções sobre essa importante e promissora área, a respeito da qual todo cidadão bem informado deve ter conhecimentos básicos.

Comente com os estudantes que este capítulo não se constitui em uma narrativa histórica do desenvolvimento da nanotecnologia, tampouco em uma cobertura abrangente de todas as possibilidades exploradas nessa vasta área de atuação científica, mas em uma sequência de ideias selecionadas e organizadas com interesse didático.

NIGEL JARVIS/SHUTTERSTOCK

Figura 1. Vitral medieval em que o vermelho se deve à presença de nanopartículas de ouro misturadas ao vidro. (Semur-en-Auxois, Cote d'Or, França.)

ALFRED EISENSTAEDT/THE LIFE PICTURE COLLECTION/ SHUTTERSTOCK

Figura 2. A física, química e inventora estadunidense Katharine Burr Blodgett (1898-1979), em foto de 1948. Foi a primeira mulher a obter o grau de doutora (Ph.D.) em Física na Universidade de Cambridge. Desenvolveu técnicas para recobrir vidros ou metais com camadas nanométricas de outras substâncias.

Empregando as técnicas que desenvolveu, Blodgett criou o vidro antirreflexo, hoje amplamente utilizado em óculos e máquinas fotográficas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

2. Área superficial de nanomateriais

O que há de especial com as dimensões nanométricas?

Primeiramente, vamos tentar contextualizar essa dimensão. O diâmetro de um átomo do elemento químico hidrogênio (H) é de aproximadamente 0,1 nm. Se fosse possível enfileirarmos dez desses átomos, lado a lado, a sequência teria 1 nm de comprimento. Um dos átomos de maior tamanho, o do elemento químico césio (Cs), tem diâmetro de aproximadamente 0,5 nm. Quando falamos em dimensões de até 100 nm, estamos falando de um comprimento que equivaleria a, no máximo, 200 átomos de césio enfileirados.

Se os seus cabelos crescem 1 cm por mês, eles crescem quase 4 nm a cada segundo da sua vida.

Os vírus têm tamanho ao redor de 100 nm e têm em sua constituição dezenas de bilhões de átomos. Uma bactéria em forma de bastão (bacilo) com comprimento de 3.000 nm, bem mais complexa que um vírus, é formada por cerca de cem bilhões de átomos, que constituem todas as moléculas e íons nela existentes e que viabilizam o metabolismo que a mantém viva.

Em 1959, o físico estadunidense Richard Feynman (Fig. 3) proferiu uma palestra cujo título, traduzido livremente para o português, seria equivalente a "Está cheio de espaço lá no fundo". Nela, o cientista anteviu que, com o avanço tecnológico, seria possível manipular a matéria em escala atômico-molecular, criando estruturas organizadas destinadas a finalidades práticas como o armazenamento de muitas informações em pouco espaço. A previsão de Feynman está atualmente em andamento.

As indústrias da área de nanoeletrônica conseguem produzir circuitos eletrônicos cujos menores detalhes podem chegar a poucos nanômetros, menores que as bactérias e a maioria dos vírus. Miniaturizações como essa têm contribuído para que possamos armazenar muita informação em pouco espaço. Um dispositivo (Fig. 4) cujo tamanho é menor que o do dedo polegar pode, hoje, armazenar toda a informação que, há pouco mais de uma década, demandaria 2.900 CDs. E os CDs já eram uma invenção que permitia grande armazenamento de informação, pois cada um deles comporta informação comparável a mais de 600 mil páginas com 1.200 caracteres cada.

Algumas pessoas consideram a palestra de Feynman como um marco na história da nanotecnologia. O termo "nanotecnologia", contudo, foi criado pelo professor e pesquisador japonês Norio Taniguchi (1912-1999), em 1974, para se referir a processos referentes à fabricação de *chips* de silício para computadores.

Um dos fatores que fazem com que a matéria condensada exiba comportamento diferenciado em dimensões nanométricas é a elevada área superficial em relação ao volume. Imagine um cubo de metal sólido de aresta 1 cm (Fig. 5.A). A área total das faces desse cubo é 6 cm^2. Se ele for dividido em cubos de aresta 0,5 cm (Fig. 5.B), a área superficial do material todo aumentará para 12 cm^2. Se o cubo original fosse dividido em cubos de aresta 1 mm, seriam obtidos mil cubos que, considerados conjuntamente, teriam área superficial de 60 cm^2. Se pudéssemos dividir o cubo original em cubos de aresta 10 nm, obteríamos 1 quintilhão de cubos, cuja área total seria 600 m^2, praticamente a mesma da grande área de um campo oficial de futebol.

No cubo de metal original, uma fração muito pequena dos átomos está na superfície. Contudo, ao subdividi-lo em cubos cada vez menores, cada vez mais átomos passam a estar na superfície. Se ele for dividido em cubos com aresta 10 nm, cerca de 25% dos átomos estarão na superfície.

Como as interações de um material com outros ocorrem na superfície, todas as suas propriedades que estejam relacionadas a essas interações serão grandemente afetadas pelo fracionamento de uma amostra em pedaços de dimensões nanométricas.

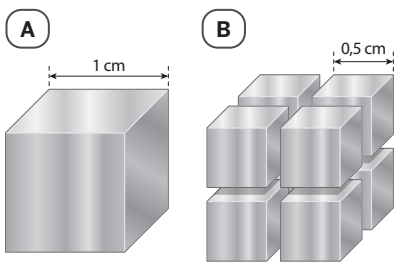
PHOTO 12/UNIVERSAL IMAGES GROUP/GETTY IMAGES

Figura 3. O físico estadunidense Richard Philips Feynman (1918-1988), em foto de 1965, ano em que recebeu o Prêmio Nobel de Física. Feynman previu as imensas possibilidades hoje exploradas em nanotecnologia.

SIMPSON33/ISTOCK/GETTY IMAGES

Figura 4. Existem dispositivos de armazenamento USB de tamanho similar ao mostrado na foto cuja capacidade de armazenamento é 2 TB (2 terabytes), que equivale aproximadamente à de 2.900 CDs.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 5. (A) Um cubo metálico de aresta 1 cm tem área de 6 cm^2. (B) Se ele for dividido em cubos iguais de aresta 0,5 cm, a área total dos oito cubos resultantes será 12 cm^2. (Cores meramente ilustrativas.)

3. Pontos quânticos

Quando elétrons estão confinados em uma pequena região do espaço, eles só podem existir em determinados estados de energia, fenômeno conhecido como **quantização** da energia. Esse fenômeno foi observado primeiramente em átomos, por volta do final do século XIX, e, posteriormente, em outros sistemas.

Existe uma tendência natural de os elétrons de uma amostra de matéria ocuparem os níveis mais baixos de energia disponíveis. Se um elétron absorve quantidade adequada de energia, seu estado energético se altera para um nível quântico de maior energia, processo denominado excitação eletrônica. Um elétron excitado pode emitir energia – como luz visível, ultravioleta ou infravermelho – e retornar ao estado inicial de energia mais baixa. Caso a energia seja emitida como luz visível, a amostra apresentará luminosidade colorida observável.

Um fator que determina as propriedades ópticas de alguns nanomateriais é que, nos domínios nanométricos, os níveis de energia dos elétrons são influenciados pelo tamanho da partícula de material. A alteração do tamanho de uma nanopartícula pode modificar a diferença de energia entre os estados quânticos eletrônicos e modificar a energia liberada quando um elétron excitado retorna à situação de menor energia, modificando, consequentemente, a cor da luz emitida.

A dependência dos níveis eletrônicos de energia com o tamanho da nanopartícula é observável em uma faixa de tamanho de alguns poucos nanômetros com algumas substâncias semicondutoras. As nanopartículas desses materiais que emitem luz visível no retorno dos elétrons excitados são conhecidas como **pontos quânticos**, também denominados pelo termo inglês *quantum dots* (Fig. 6). Exemplos de substâncias que podem formar pontos quânticos são sulfeto de cádmio (CdS), seleneto de cádmio (CdSe), sulfeto de zinco (ZnS), sulfeto de chumbo (PbS), fosfeto de índio (InP) e arseneto de índio (InAs).

Existem muitas pesquisas em andamento sobre pontos quânticos (Fig. 7), e essas nanopartículas já existem em produtos comercializados. Um exemplo é o dos televisores e monitores de computador com tela de nanocristais (também designada pela expressão em inglês *quantum dot display*) (Fig. 8), em que os *pixels* (pontinhos emissores de luz existentes na tela) são produzidos com nanopartículas de CdSe em três tamanhos diferentes, especialmente escolhidos para que sejam pontos quânticos emissores de luzes vermelha, verde e azul, com as quais todas as demais cores vistas na tela podem ser compostas.

Outro exemplo de aplicação dessas nanopartículas é em sensores de luz ambiente para sistemas que acendem lâmpadas automaticamente ao anoitecer e as apagam ao amanhecer. Essas partículas apresentam condutividade elétrica que varia em função da luz nelas incidente. Nos sensores, existe um circuito elétrico que, em parte, é constituído de cristais de CdS. Quando amanhece e o ambiente está bem iluminado, a condutividade elétrica da substância aumenta e isso é detectado pelo equipamento, que desliga as lâmpadas. O inverso ocorre ao anoitecer.

SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA

Figura 6. Dispersões aquosas de pontos quânticos de seleneto de cádmio (CdSe) com diferentes tamanhos, desde 5 nm (no frasco à esquerda) até 0,7 nm (no frasco à direita).

As amostras estão submetidas à luz ultravioleta, que provoca excitação de elétrons das nanopartículas. No retorno desses elétrons excitados, a luz emitida é de cores diferentes porque a diferença energética entre o estado quântico excitado e o estado quântico de energia mais baixa depende da dimensão do ponto quântico.

UNIVERSIDADE DUKE, CAROLINA DO NORTE

Figura 7. A engenheira elétrica estadunidense Adrienne Stiff-Roberts (nascida em 1976), em foto de 2022, pesquisadora de nanotecnologia. Entre outras áreas de atuação, investiga aplicações de pontos quânticos em dispositivos de utilidade prática.

Entre as aplicações práticas dos pontos quânticos pesquisadas por Stiff-Roberts estão detectores de infravermelho que podem ser usados para realizar medições de temperatura a distância.

FIZKES/SHUTTERSTOCK

A emissão luminosa para monitores é conseguida usando pontos quânticos de três tamanhos diferentes, cada um apropriado à emissão de luz de uma cor desejada. Monitores de pontos quânticos para *notebooks* usam pouca energia em seu funcionamento, contribuindo para que a carga da bateria dure mais tempo.

Figura 8. *Notebook* com monitor fabricado com pontos quânticos. Na tela, existem *pixels* que emitem luz vermelha, verde ou azul.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

4. Microscopia e nanocaracterização

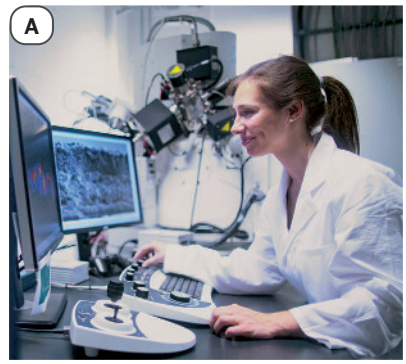
O fato de a matéria apresentar propriedades bastante peculiares quando as observações envolvem amostras de dimensões nanométricas é algo compreendido pelos cientistas a partir de ideias (da área chamada mecânica quântica) desenvolvidas a partir da década de 1920. Porém, foram necessários avanços tecnológicos para poder investigar e caracterizar a matéria nesse nível de detalhamento. Vejamos um breve panorama de alguns eventos referentes a isso.

Em 1931, uma equipe comandada pelo físico alemão Ernst Ruska (1906-1988) apresentou o primeiro microscópio eletrônico de transmissão. Até essa época, era possível visualizar detalhes no máximo da ordem de 200 nm usando os melhores microscópios de luz. Para visualizar detalhes não acessíveis até então, a nova técnica passou a utilizar feixes de elétrons em movimento em vez de luz. Alguns anos mais tarde, em 1938, a equipe do engenheiro alemão Max Knoll (1897-1969) construiu o primeiro microscópio eletrônico de varredura, que permitiu a visualização da superfície de amostras espessas (Fig. 9). Em pouco mais de uma década, novos avanços na tecnologia dos microscópios eletrônicos conduziram à visualização de detalhes com tamanho aproximado de 10 nm.

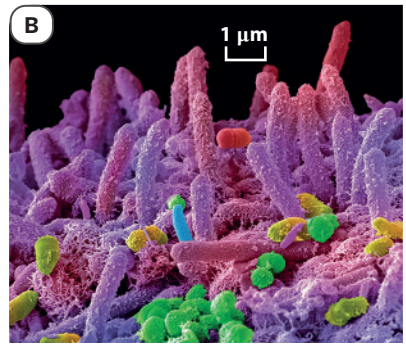
No início da década de 1980, a equipe do físico suíço Heinrich Rohrer (1933-2013) e do físico alemão Gerd Binnig (nascido em 1947) desenvolveu o microscópio de tunelamento. Ao contrário dos microscópios inventados até então, que sondam imagens usando luz ou feixes de elétrons, o microscópio de tunelamento emprega uma finíssima agulha de metal que é posicionada muito perto da superfície do material estudado e movimentada paralelamente a ela. Durante essa varredura, ocorrem interações elétricas entre a extremidade da agulha metálica e os elétrons da superfície do material que fornecem sinais elétricos registrados pelo equipamento e convertidos em imagens da superfície sondada. Pela primeira vez, tornou-se possível visualizar átomos, ainda que essa visualização seja de uma imagem computadorizada elaborada a partir de medidas elétricas realizadas pelo equipamento (Fig. 10).

Em 1986, uma versão modificada desse equipamento foi concebida, o microscópio de força atômica, que possibilita não apenas obter imagens de superfícies como também movimentar um único átomo e posicioná-lo onde desejado. Em 1989, a equipe do físico estadunidense Donald Eigler (nascido em 1953) posicionou 35 átomos do elemento químico xenônio sobre uma superfície de níquel metálico e registrou a imagem. Ainda no século passado, atingiu-se a possibilidade de visualizar alguns detalhes da ordem de 0,1 nm.

Essas técnicas de microscopia têm sido continuamente aperfeiçoadas e são hoje rotineiramente utilizadas na **nanocaracterização** de materiais, ou seja, na determinação dos aspectos de sua estrutura que sejam de interesse para pesquisas e aplicações nanotecnológicas (Fig. 11).

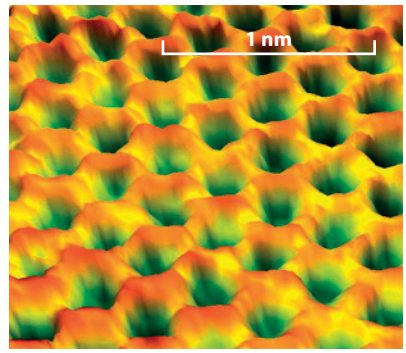


SIGRID GOMBERT/CULTURA/GETTY IMAGES



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

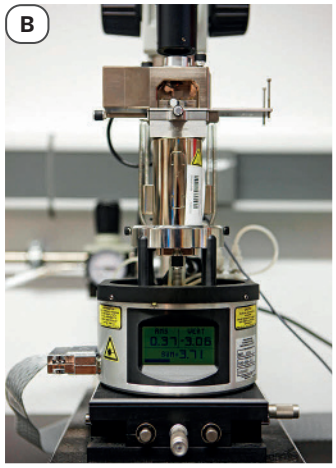
Figura 9. (A) Pesquisadora operando microscópio eletrônico de varredura. (Freiburg, Alemanha) (B) Imagem de seres procariontes presentes normalmente na boca humana, obtida ao microscópio eletrônico de varredura. (Cores meramente ilustrativas.)



IBM RESEARCH/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 10. Grafeno ao microscópio de tunelamento. Essa macromolécula planar é constituída exclusivamente de átomos de carbono, um posicionado em cada vértice dos hexágonos vistos na imagem. (Cores meramente ilustrativas.)

JAVIER LARREA/ALAMY/FOTOARENA



JAVIER LARREA/ALAMY/FOTOARENA

Figura 11. (A) Pesquisadora de nanotecnologia inserindo amostra em microscópio de força atômica para realizar nanocaracterização. (B) Visão frontal do equipamento. (Centro de Física de Materiais, Espanha.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

5. Aplicações da nanotecnologia

A nanotecnologia é um campo interdisciplinar que apresenta muitas áreas de atuação, entre as quais três de grande destaque, que se completam e frequentemente se sobrepõem: nanomateriais, nanobiotecnologia e nanoeletrônica.

Nanomateriais

A utilização de nanomateriais pela humanidade não é um fato novo. O que é recente é a compreensão de como a composição química e a estrutura desses materiais condicionam suas propriedades. Por exemplo, artistas da Idade Média empregavam nanopartículas de ouro para colorir vitrais de vermelho (Fig. 1). Faziam isso seguindo procedimentos descobertos por meio de repetidas tentativas seguidas da avaliação dos resultados, mas sem o conhecimento do que se passava em nível atômico-molecular. O aço de algumas espadas fabricadas na Índia, no século XVIII, tem alta resistência aliada a uma flexibilidade incomum. Estudos recentes revelaram a presença, em meio a esse aço, de estruturas cilíndricas constituídas de átomos de carbono, similares ao que hoje denominamos nanotubos de carbono (Fig. 12). Também nesse caso, os ferreiros que produziram essas lâminas empregaram procedimentos aprimorados empiricamente ao longo de séculos, que envolviam a produção do aço com determinado tipo de carvão a elevadas temperaturas, resultando na formação das estruturas nanométricas que conferiram alta resistência e flexibilidade à liga.

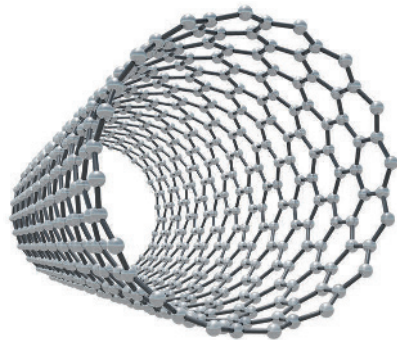
Os atuais conhecimentos científicos e a disponibilidade de técnicas de microscopia para nanocaracterização propiciaram avanços na área de nanomateriais. Grande variedade deles já foi projetada, testada e utilizada. Plásticos e resinas sólidas podem ter sua resistência aumentada pela incorporação de nanopartículas ou nanofibras. Assim são produzidas armações para óculos, raquetes de tênis, varas de pescar, capacetes para motociclistas e coletes protetores para seguranças e policiais. Nanofibras também podem ser empregadas em mistura com o concreto, para aumentar sua resistência à tração e à deformação. Os materiais que são reforçados pela incorporação de nanomateriais, como os plásticos e o concreto mencionados, são genericamente denominados **nanocompósitos** (Fig. 13).

Certos materiais com elevada área superficial podem ser usados para reter em sua superfície moléculas de substâncias tóxicas. Assim, podem ser usadas em processos de purificação de água ou em máscaras para bombeiros e equipes de resgate que atuam em acidentes com vapores ou gases tóxicos. Exemplos desse tipo de material são as diversas variedades de carvão ativado (ou carvão ativo) produzidas por técnicas desenvolvidas em nanociência. Alguns nanomateriais absorventes podem ser empregados no tratamento de efluentes industriais e na despoluição de lagos.

Superfícies recobertas com nanopartículas de prata têm efeito bactericida (matam bactérias ao contato). Existem produtos constituídos de soro fisiológico (solução aquosa com 0,9% em massa de cloreto de sódio) que são destinados à limpeza e ao descongestionamento nasal. Nanopartículas de prata são usadas no revestimento interno da válvula que borrifa o produto, impedindo a contaminação do produto por bactérias e aumentando a segurança para o usuário.

Um revestimento de espessura nanométrica com partículas apropriadas de dióxido de titânio (TiO_2) pode ser incorporado a pisos, paredes e vidros. Após absorverem luz solar ultravioleta, essas partículas aceleram a oxidação de determinados poluentes gasosos, que os converte em substâncias não tóxicas. Vidros revestidos com essas mesmas nanopartículas são considerados autolimpantes, pois, na presença de ultravioleta, elas atuam na decomposição de determinadas moléculas de sujeira. Além disso, a aderência de materiais a essa superfície é baixa, o que ajuda a manter o vidro limpo (Fig. 14).

Já foram sintetizados diversos tipos de estruturas similares, com diâmetros variados, paredes duplas ou triplas e também com uma ou duas extremidades fechadas. O diâmetro de um nanotubo como o desse modelo é da ordem de 1 nm. O comprimento é variável, geralmente milimétrico, mas pode chegar a alguns centímetros. Nanotubos podem ser usados para reforçar plásticos e aço, para atuarem com condutores ou semicondutores em nanodispositivos e como suportes para proteínas ou outras moléculas em nanossensores, que são equipamentos miniaturizados para medir grandezas ou detectar fenômenos em escala nanométrica.



EVANNOVOSTRO/SHUTTERSTOCK

Figura 12. Modelo molecular de um nanotubo de carbono. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

SOFIKOS/SHUTTERSTOCK

Figura 13. Muitas restaurações dentárias são feitas com nanocompósitos constituídos de resinas contendo nanopartículas de sílica, SiO_2(s), com diâmetro médio de 40 nm.

ALEKK PIRES/SHUTTERSTOCK

Figura 14. Vidros revestidos com nanopartículas de dióxido de titânio (TiO_2) retêm menos sujeira que vidros convencionais. (Rio de Janeiro, RJ.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nanobiotecnologia

SAÚDE

Esse é um campo extenso e promissor. Comecemos com aplicações na área de farmacologia, que estuda as substâncias de ação medicamentosa e os mecanismos de sua atuação no organismo. Quando alguém toma um medicamento por via oral, está ingerindo uma mistura de diversas substâncias, entre as quais pelo menos uma é o **princípio ativo**, ou seja, a substância realmente responsável pelo efeito terapêutico. As demais substâncias presentes têm outras finalidades, como proporcionar sabor agradável ou atuar na aglomeração dos diversos componentes. O princípio ativo não pode ser destruído pelo meio ácido existente no estômago nem pelo meio ligeiramente alcalino do duodeno (parte inicial do intestino), onde normalmente será absorvido e passará para a corrente sanguínea. Uma vez no sangue, o princípio ativo será distribuído pela circulação a diversas partes do organismo, entre elas as células onde deverá efetivamente atuar, o alvo do fármaco, gerando os efeitos biológicos desejados. Nesse processo, o princípio ativo atinge outras células que não são o alvo pretendido e pode produzir reações indesejadas, os efeitos colaterais.

Na técnica que usa **nanopartículas para a entrega de fármacos** diretamente no seu alvo, o princípio ativo pode ser envolvido com lipídios similares aos existentes na membrana plasmática. A seguir, ligam-se a essa camada moléculas capazes de interagir de modo específico com substâncias existentes na membrana plasmática das células-alvo. As nanopartículas assim obtidas são injetadas na corrente sanguínea e interagirão especificamente com as células desejadas, que absorvem o princípio ativo ou engolfam a nanopartícula (por um processo chamado endocitose) com posterior liberação do princípio ativo em seu interior. Essa técnica permite mais segurança no tratamento, uso de doses menores e minimização de efeitos colaterais. Diversas variações dessa técnica já foram desenvolvidas, como o encapsulamento do fármaco por proteínas gelatinosas, polissacarídios ou polímeros artificiais biodegradáveis.

O uso de nanopartículas também vem sendo testado para o tratamento do câncer. Quando substâncias são administradas em um paciente para matar células cancerosas, procedimento denominado quimioterapia do câncer, a toxicidade dessas substâncias pode provocar a morte de células saudáveis, originando diversos efeitos colaterais como queda de cabelo, náuseas, diarreia e feridas na boca. Para evitar esses efeitos, as nanopartículas que encapsulam o fármaco quimioterápico podem conter em sua superfície substâncias (denominadas antígenos) que interagem especificamente com proteínas existentes somente nas células cancerosas (oncoproteínas), o que direciona o fármaco para essas células.

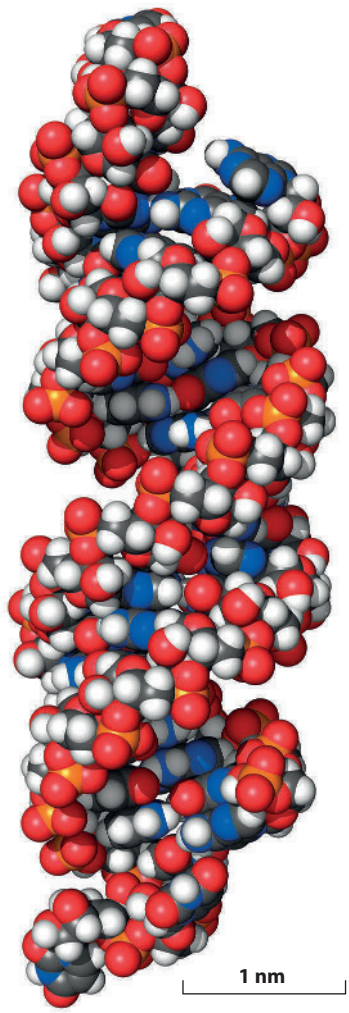
Nanopartículas podem ser usadas no tratamento de doenças causadas pela expressão indesejada de certos genes. Nesse caso, as nanopartículas são empregadas para introduzir nas células pequenos trechos de RNA chamados **RNA interferente pequeno** (Fig. 15) designados pela sigla siRNA (do inglês *small interfering RNA*). Este se liga ao RNA mensageiro e impede a síntese da proteína correspondente, evitando os efeitos indesejados de sua produção.

As aplicações biológicas da nanotecnologia abrangem outros casos além do tratamento de doenças. Na agricultura, o rendimento das lavouras pode ser melhorado empregando-se, próximo às raízes, materiais nanoporosos que absorvem água, nutrientes e/ou praguicidas e os liberam gradualmente.

Outra frente de atuação é o desenvolvimento de **nanobiossensores**, dispositivos de tamanho nanométrico que possibilitam receber informações do interior de sistemas biológicos e convertê-las em sinais elétricos transmitidos por nanofios a computadores para monitorar propriedades como acidez, presença de contaminantes ou concentração de íons ou de moléculas atuantes no metabolismo. O uso de nanobiossensores na agricultura é promissor no acompanhamento das condições do solo e do desenvolvimento das plantas. Na medicina, permitirá o monitoramento em tempo real da condição de saúde dos pacientes.

OBJETO DIGITAL Infográfico clicável: Nanotecnologia na agricultura

Esse tipo de molécula tem comprimento geralmente entre 6,8 nm e 8,5 nm e consiste de duas fitas de RNA com total de aproximadamente 20 a 25 pares de bases. Dentro da célula, passa por uma série de eventos que incluem a separação das duas fitas e a união de uma delas a um trecho de RNA mensageiro que lhe seja complementar, o que impede que esse RNA mensageiro atue na síntese da proteína correspondente.



123RF/EASY MEDIABANK

Figura 15. Modelo molecular de um RNA interferente pequeno, no qual átomos estão representados por esferas (as cores correspondem aos seguintes elementos químicos: branco – hidrogênio; preto – carbono; azul – nitrogênio; vermelho – oxigênio; laranja – fósforo). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nanoeletrônica

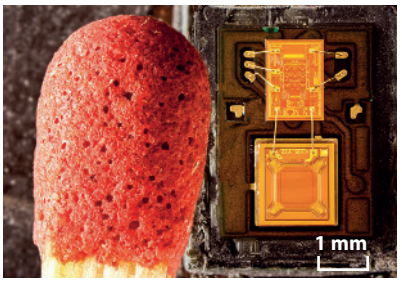
Os *chips* eletrônicos utilizados em computadores, *tablets* e telefones celulares são pequenas lâminas que apresentam circuitos eletrônicos em tamanho muito reduzido e que incluem componentes miniaturizados chamados transistores, constituídos de materiais semicondutores, que controlam seletivamente a passagem de corrente elétrica.

A progressiva miniaturização desses dispositivos tem sido marcante nas últimas décadas (Fig. 16). A continuidade dos progressos nessa área depende de técnicas desenvolvidas pela nanotecnologia. Uma das mais significativas é a **nanolitografia**.

Primeiramente, uma lâmina de silício, chamada de *wafer* (lê-se "uêifer"), é recoberta com uma camada de um material fotossensível apropriado que, quando exposto ao ultravioleta, torna-se solúvel em um solvente adequado. A seguir, utiliza-se uma máscara que contém áreas opacas e áreas transparentes para projetar raios ultravioleta no *wafer*. Da mesma maneira como um projetor de cinema permite projetar uma imagem ampliada do filme na tela usando luz visível, um equipamento apropriado projeta uma imagem deduzida dessa máscara no *wafer* usando radiação ultravioleta. Algumas áreas da cobertura do *wafer* recebem ultravioleta e outras não. As que receberam são removidas quando o *wafer* é mergulhado em um solvente adequado. Assim, essa peça agora conterá áreas em que o silício está exposto e áreas em que ele continua revestido pela camada protetora.

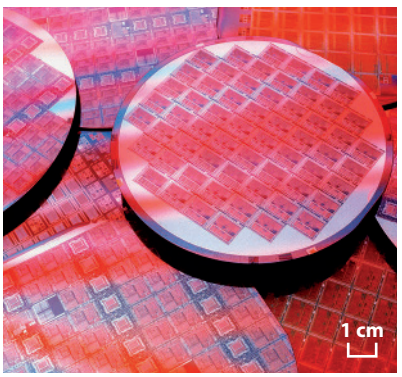
Nesse ponto do processo, é possível depositar metal nas partes expostas ou **dopar** o silício, isto é, impurificá-lo propositalmente com pequenas quantidades de outros elementos químicos, chamados de **dopantes** nesse contexto. A seguir, a camada protetora é removida e esse procedimento é repetido diversas vezes (Fig. 17), incorporando ao *wafer* novos itens de metal ou dopante. Ao final, estará pronto o circuito eletrônico miniaturizado, que incluirá transistores nanométricos constituídos de silício e dopantes apropriados.

Atualmente, processadores usados em computadores pessoais podem conter cerca de 5 bilhões de transistores, e já existem técnicas que possibilitam inserir em *chips* detalhes com dimensões de 5 nm. Esse progresso é decorrente dos esforços colaborativos de muitos pesquisadores em várias partes do mundo, envolvendo estudos sobre as propriedades eletrônicas dos materiais (Fig. 18) e suas diversas aplicações práticas.



GERD GUENTHER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 16. Dois *chips* que constituem o microfone de um telefone celular. A cabeça de um palito de fósforo (à esquerda) foi incluída para comparação de tamanho. (Microfotografia de luz.)



PHIL DEGGINGER/ALAMY/FOTOARENA

Figura 17. *Wafers* de silício contendo vários *chips* iguais entre si, que serão separados e comercializados.

Um *wafer* de silício passa às vezes por 50 ciclos de nanolitografia, cada um deles incorporando novos detalhes aos circuitos miniaturizados. O *wafer* circular que aparece por inteiro nessa foto tem diâmetro de 10 cm e nele existem 60 *chips*.

MICHELINE PELLETIER/GAMMA-RAPHO/GETTY IMAGES

Figura 18. A física estadunidense Mildred Dresselhaus (1930-2017), em foto de 2006. Pesquisou as propriedades eletrônicas dos materiais e suas aplicações. Em seus 57 anos de carreira, preocupou-se também com a necessidade de proporcionar oportunidades igualitárias para as mulheres em Ciências e Engenharia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

MUNDO DO TRABALHO

Plataformização do trabalho

ECONOMIA

A miniaturização dos componentes eletrônicos fez com que os aparelhos portáteis conectados à internet se tornassem menores e mais potentes. Muitas empresas aproveitaram essas melhorias para incorporar os dispositivos móveis no seu modelo de negócios.

Uma plataforma de entrega de comida e um aplicativo para solicitar transporte de passageiros são exemplos de sistemas que em que alguém usa o celular para fazer o pedido e rastrear a execução. Quem pede comida ou chama um automóvel para seu deslocamento é **cliente** da plataforma.

Mas e o entregador de comida e o motorista de automóvel, o que são? Seguindo a lógica de algum tempo atrás, eles seriam funcionários da plataforma. Teriam um contrato assinado e uma série de direitos trabalhistas assegurados, como férias remuneradas, fundo de garantia, décimo terceiro salário e afastamento remunerado em caso de doença ou invalidez. Também seriam pagos pelo tempo em que, no seu turno de trabalho, permanecessem à disposição do empregador, em vez de receberem apenas pelo tempo em que trabalham quando chega um pedido ou por quilômetros rodados ou, ainda, por um valor previamente estipulado pela plataforma.

> Eles e elas ficam *à espera de* uma chamada por *smartphone* e, quando a recebem, ganham estritamente pelo que fizeram, nada recebendo pelo tempo que ficaram esperando. Essa modalidade de trabalho abrange um universo imenso de trabalhadores e trabalhadoras, de que são exemplos médicos, enfermeiros, trabalhadoras do *care* (cuidadoras de idosos, crianças, doentes, portadores de necessidades especiais etc.), motoristas, eletricistas, advogados, serviços de limpeza, consertos domésticos, entre tantos outros. Tudo isso facilitado pela expansão do trabalho *on-line* e pela expansão dos "aplicativos", que invisibilizam ao mesmo tempo que ampliam exponencialmente uma parte expressiva da classe trabalhadora, em especial, mas não só no setor de serviços.

Fonte: ANTUNES, R. Trabalho intermitente e uberização do trabalho no limiar da Indústria 4.0. *In*: ANTUNES, R. (org.). **Uberização, trabalho digital e Indústria 4.0**. São Paulo: Boitempo, 2020. p. 12.

Ocorre que diversas plataformas que atuam em vários segmentos comerciais procuraram mudar a lógica trabalhista e criar justificativas jurídicas para sustentar seus modelos de negócio: elas consideram que um entregador de comida ou um motorista de automóvel também são seus clientes, alegando que utilizam a plataforma para oferecer seus serviços profissionais.

Essa mudança de lógica faz com esses trabalhadores deixem de ter uma série de direitos trabalhistas e, além disso, passem a arcar com custos adicionais, como os de combustível e manutenção do próprio veículo (Fig. 19).

WIRESTOCK CREATORS/SHUTTERSTOCK

Figura 19. Aplicativos de entrega têm um modelo de negócios em que os entregadores não são considerados funcionários, mas prestadores de serviços que escolhem as entregas que desejam fazer. (Belo Horizonte, MG, 2022.)

O termo **plataformização** é usado para descrever esse processo no qual a relação trabalhista deixa de existir como um vínculo empregatício e é substituída por uma aparente prestação de serviços.

> Desde logo, é necessário contrapor-se ao léxico e à retórica empresarial desses chamados "novos negócios" ou "novas formas de organização", especialmente porque a narrativa do capital é um elemento central para, ao escamotear sua natureza, alcançar com maior eficiência seus objetivos. Mascarar e, assim, negar o que efetivamente significam têm sido um ingrediente central para o dito sucesso das plataformas e dos aplicativos.

Fonte: FILGUEIRAS, V.; ANTUNES, R. Plataformas digitais, uberização do trabalho e regulação no capitalismo contemporâneo. *In*: ANTUNES, R. (org.). *Op. cit*. p. 59-60.

Agora, em grupos, debatam as questões propostas.

1. Em diversas plataformas, algoritmos de inteligência artificial distribuem o trabalho e determinam quanto o prestador de serviços receberá. Esse valor, contudo, pode variar segundo uma lógica semelhante à de um leilão. Expliquem essa comparação e como ela pode ser desvantajosa, tanto para os consumidores quanto para os prestadores de serviço.
2. Algumas plataformas usam o discurso de que os prestadores de serviço realizam as atividades apenas quando desejam, que podem trabalhar nos horários que escolherem e que aderir a essas plataformas é apenas um modo de complementar a renda. Também empregam frases motivacionais como "o seu sucesso depende apenas do seu empenho", o que se pode entender como: quanto mais você trabalhar, mais você ganhará. Que **críticas sociais e éticas** podem ser feitas a esse discurso?
3. Ainda que um cidadão não se sinta atingido pela precarização do trabalho, que motivos ele tem para se preocupar com isso? E a sociedade como um todo?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

6. Segurança e nanotecnologia

Este capítulo forneceu uma breve introdução à nanotecnologia. Muitos outros exemplos poderiam ter sido explorados, entre eles aplicações relacionadas a nanomateriais bactericidas para acondicionamento de alimentos, nanossensores para monitoramento de poluição, catalisadores mais eficientes para reduzir a poluição automotiva, nanomembranas para purificação de água, placas com nanobiossensores e nanocircuitos eletrônicos para realizar diversos exames clínicos simultaneamente, nanomateriais para células fotovoltaicas (que convertem energia luminosa em energia elétrica), para armazenamento de energia elétrica em pilhas e baterias (incluindo células a combustível) e para produção e estocagem segura de gás hidrogênio.

Produtos decorrentes da nanotecnologia são promissores porque podem ajudar no tratamento de diversas doenças, na redução das emissões de poluentes, na recuperação de áreas contaminadas, na melhoria da produção e estocagem de alimentos, na otimização da geração e aproveitamento da energia elétrica, no aumento da eficiência de dispositivos eletrônicos e no desenvolvimento da tecnologia da informação.

Por outro lado, grande quantidade de nanopartículas é produzida anualmente e incorporada a itens de varejo, como produtos de higiene, cosméticos, fibras têxteis, plásticos e equipamentos eletrônicos. Alguns desses produtos, após utilização, vão parar no esgoto, como é o caso de cremes dentais, xampus, cremes para limpeza da pele e produtos de maquiagem. Quando isso ocorre, as nanopartículas neles presentes serão conduzidas ao ambiente aquático. Os bens duráveis, como produtos eletrônicos, deverão ser corretamente encaminhados para reciclagem quando chegarem ao final de seu ciclo de uso. Contudo, nem sempre isso acontece. O descarte inapropriado e mesmo o desgaste do produto durante sua utilização regular podem liberar no ambiente as nanopartículas que existem neles, acarretando seu espalhamento no ar, na água e no solo.

Que efeitos a introdução dessas nanopartículas no ambiente terá sobre nós, os demais seres vivos e o meio ambiente? Há muitas pesquisas para responder a essa pergunta. A **nanotoxicologia** é uma área recente que estuda os efeitos das nanopartículas sobre os organismos. Já existem evidências de que algumas delas podem ser absorvidas pelos pulmões, quando inaladas, através da pele, quando em contato com ela, e pelo tubo digestório, se ingeridas. Uma vez na circulação, elas podem ser rapidamente distribuídas pelo corpo e acarretar efeitos diversos. Existem, contudo, grandes dificuldades para estabelecer a toxicidade de nanopartículas, pois ela pode variar significativamente quando outras substâncias as estão recobrindo.

Como as nanopartículas têm grande área superficial em relação à sua massa ou ao seu volume (item 2 deste capítulo), isso potencializa suas interações com as estruturas que constituem os organismos. Que problemas poderão surgir ou se agravar por causa disso?

Se, por um lado, há inúmeras aplicações potencialmente benéficas da nanotecnologia, existe, por outro, a possibilidade de descobrirmos no futuro que algumas dessas inovações acarretam problemas às pessoas ou ao ambiente.

Quem decide sobre essas questões? Que voz ativa os cidadãos têm sobre esses problemas? Em uma sociedade democrática, que mecanismos a população tem para expressar suas opiniões e se fazer ouvir?

A *Atividade em grupo* permitirá que você, atuando em equipe, reflita sobre essas e outras questões referentes à segurança dos avanços nanotecnológicos.

É fundamental que todo cidadão procure se informar continuamente a respeito dos desdobramentos ligados aos temas científicos para atuar ativamente nas decisões acerca desses e outros aspectos que sejam de seu interesse e da sociedade como um todo.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento para o professor.

Atividade em grupo

Assim como todos os bens de consumo, os produtos que incluem itens de nanotecnologia em sua formulação devem obedecer a todas as normas legais. O consumidor deve ter acesso, inclusive por canais digitais (Fig. 20), a todas as informações relevantes sobre aquilo que adquire e utiliza.

CHINNAPONG/SHUTTERSTOCK

Figura 20. Um código de resposta rápida legível por câmera de celular (*QR Code*) na embalagem permite fornecer informações importantes para os consumidores.

Todo produto lançado no mercado deve estar de acordo com as normas legais. Que órgãos estabelecem esses regulamentos?

Quem decide sobre a aprovação de novos produtos ligados à saúde ou à alimentação? E sobre dispositivos eletrônicos?

Que dificuldades existem em regulamentar áreas em que a inovação é muito rápida, como a da nanotecnologia?

Pesquisem e elaborem um vídeo de divulgação à comunidade que responda a essas perguntas e também àquelas feitas no texto do item 6. (Sugestões para elaborar vídeos estão na seção *Educação midiática* do Capítulo 5.) Apresentem **argumentos** legais e éticos que embasem suas opiniões e **proponham** sugestões de como os mecanismos envolvidos poderiam ser melhorados.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Veja respostas e comentários no Suplemento para o professor.

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Neste capítulo, afirmou-se que, se os fios de cabelo de um indivíduo crescem 1 cm por mês, então cada fio cresce quase 4 nm por segundo.

a. Demostre essa afirmação, calculando quantos segundos há em um mês de 30 dias e, a seguir, dividindo 1 cm pelo número obtido. (Sugestão: trabalhe com potências de dez e em notação científica para facilitar os cálculos.)

b. Estime quantos nanômetros as unhas dos dedos da mão crescem por segundo. Deixe claro que considerações você fez para chegar ao resultado.

2. (Enem) A nanotecnologia pode ser caracterizada quando os compostos estão na ordem de milionésimos de milímetros, como na utilização de nanomateriais catalíticos nos processos industriais. O uso desses materiais aumenta a eficiência da produção, consome menos energia e gera menores quantidades de resíduos. O sucesso dessa aplicação tecnológica muitas vezes está relacionado ao aumento da velocidade da reação química envolvida.

2. d

O êxito da aplicação dessa tecnologia é por causa da realização de reações químicas que ocorrem em condições de

a. alta pressão.
b. alta temperatura.
c. excesso de reagentes.
d. maior superfície de contato.
e. elevada energia de ativação.

3. Nanomateriais podem ser nanopartículas, que têm as três dimensões em nanoescala; nanobastões e nanotubos, em que duas dimensões estão no domínio nanométrico; e nanorrevestimentos e nanofolhas, em que apenas uma dimensão está em nanoescala.

3. d

Fonte: CHAUDHRY, Q. *et al*. **Nanotechnologies in food**. 2. ed. Londres: Royal Society of Chemistry, 2017. p. 2. (Tradução dos autores.)

Seguindo as ideias apresentadas no texto, um exemplo de nanomaterial é

a. uma gota de chuva.
b. a cabeça de um alfinete.
c. uma folha de papel-alumínio.
d. um transistor de *chip* processador de celular.
e. os menores grãos de areia que podem ser vistos.

4. Para a Medicina e as Ciências Biológicas, a miniaturização representa uma oportunidade para interferir na interação de moléculas com tecidos e células. Essa noção traduz-se na descoberta de fármacos com ação terapêutica aperfeiçoada e com menores efeitos colaterais.

4. c

Fonte: KESERVANI, R. K. *et al*. (ed.). **Drug delivery approaches and nanosystems**. Oakville: Apple Academic Press, 2018. v. 1. p. 22. (Tradução dos autores.)

Como exemplo do que é expresso na última frase do texto apresentado, é possível mencionar o

a. uso de comprimidos e pílulas em vez de injeção.
b. desenvolvimento de novos tipos de bisturi.
c. uso de nanopartículas para entrega de fármacos.
d. emprego de microscópios eletrônicos para visualizar células em estudos de laboratório.
e. aperfeiçoamento da nutrição esportiva.

5. Leia a coletânea de textos referentes ao elemento químico cádmio (Cd) e responda às perguntas.

Os efeitos do envenenamento agudo por cádmio em humanos incluem hipertensão, danos aos rins, danos ao tecido testicular e destruição de glóbulos vermelhos. Boa parte da ação fisiológica do cádmio é atribuída à sua semelhança química com o zinco.

Fonte: MANAHAN, S. **Environmental Chemistry**. 11. ed. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 131. (Tradução dos autores.)

O envenenamento por cádmio afeta diversos órgãos. [...] O cádmio é do mesmo grupo da tabela periódica que o zinco, situando-se abaixo dele [...]. O zinco é um elemento traço importante para a saúde e sua substituição por cádmio perturba muitos processos biológicos.

Fonte: GOSWAMI, A. K.; KOSTOVA, I. **Medicinal and Biological Inorganic Chemistry**. Berlin: De Gruyter, 2022. p. 100. (Tradução dos autores.)

Nos termos da PNRS [Política Nacional de Resíduos Sólidos], a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o "conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei".

Fonte: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis**. **MMA**, [*s. d.*]. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/logística-reversa. Acesso em: 19 out. 2024.

a. Explique por que o cádmio facilmente substitui o zinco nas enzimas das quais este toma parte.
b. Que responsabilidade os produtores de dispositivos eletrônicos com telas de pontos quânticos com cádmio em sua composição deveriam ter ao final do ciclo de vida do produto? Por quê?
c. O consumidor desses produtos deve ter alguma responsabilidade? Justifique sua opinião.
d. Como o governo e a sociedade devem agir para que essas responsabilidades se transformem em ações práticas que deem resultados?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RESPOSTAS ÀS ATIVIDADES QUE ENVOLVEM CÁLCULO

Seguem as respostas das atividades de cálculo. No Suplemento para o professor, você encontrará resoluções, demonstrações e orientações adicionais.

Capítulo 1

Aplicando conhecimentos

9. C

10. B

11. A temperatura das chamas atingiu um valor máximo que foi superior ao ponto de fusão do ouro (1.064 °C), pois ele sofreu fusão, mas inferior ao ponto de fusão do rubi (2.054 °C), que permaneceu sólido.

13. 4.756 g

14. 5 g

15. 179 kg

16. 100.000 comprimidos.

17. 1.500 mL

18. 60 caixas-d'água.

19. E

20. D

21. D

23. A massa de uma barra de ouro de 1 litro é 19,3 kg, logo, o ladrão no filme estaria carregando 193 kg e correndo, situação não é plausível.

Atividades finais

3. Pela expressão que define a densidade, concluímos que, para uma mesma massa, o material que apresentar maior densidade terá menor volume e o que apresentar menor densidade terá maior volume. Assim, concluímos que o frasco **A** (maior volume de líquido) contém benzeno (líquido de menor densidade), o frasco **B** contém água, e o frasco **C** (menor volume de líquido) contém clorofórmio (líquido de maior densidade).

4. B

5. D

Capítulo 2

Aplicando conhecimentos

9. A fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$ indica que cada molécula de sacarose é formada por 45 átomos, sendo 12 do elemento carbono, 22 do elemento hidrogênio e 11 do elemento oxigênio.

10. B

11. D

12. C

13. **a.** É uma fórmula química.

b. Três: carbono, hidrogênio e oxigênio.

14. **a.** Cinco elementos químicos.

b. Carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), enxofre (S) e ferro (Fe).

15. H_2SO_4

16. **a.** NO
b. NO_2
c. N_2O
d. N_2O_3
e. N_2O_4
f. N_2O_5

17. **a.** CH_4
b. C_2H_6
c. C_3H_8
d. C_4H_{10}
e. C_2H_4
f. C_2H_2
g. C_3H_6
h. C_6H_6

19. Exemplos de respostas possíveis:

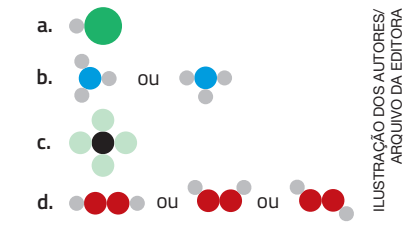


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

(Átomos representados esquematicamente por esferas; cores fantasiosas.)

20. B

21. **a.** Reagentes: H_2 e Cl_2; produto: HCl.

b. $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2\ HCl$

22. **a.** Reagentes: NO e O_2; produto: NO_2.

b. $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$

23. A equação não está corretamente balanceada, pois os números de átomos de hidrogênio e de oxigênio não estão iguais nos dois membros. A equação corretamente balanceada é:

$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

24. Exemplo de resposta possível:

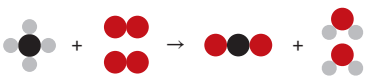


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

(Átomos representados esquematicamente por esferas; cores fantasiosas.)

25. A representação NO_2 indica uma molécula formada por três átomos, dos quais um é do elemento nitrogênio e dois são do elemento oxigênio. A representação $2\ NO_2$ indica duas moléculas de NO_2. E a representação N_2O_4 indica uma molécula formada por seis átomos, dos quais dois são do elemento nitrogênio e quatro são do elemento oxigênio.

26. Ao alterar H_2 para H_6 e a NH_3 para N_2H_6, o estudante deixou de representar a fórmula correta de substâncias envolvidas. Para balancear, o procedimento é escrever coeficientes corretos que igualem o número de átomos de um elemento em ambos os membros da equação química:
$N_2 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ NH_3$

27. Combustão completa do propano:
$C_3H_8 + 5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$
Combustão completa do butano:
$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$

Atividades finais

2. **a.** Hidrogênio – H, flúor – F, oxigênio – O, carbono – C.

b. **1**: HF; **2**: O_2; **3**: O_3; **4**: CH_4; **5**: F_2 e O_2; **6**: H_2, F_2 e HF; **7**: O_2 e O_3; **8**: CH_4 e C_2H_2.

4. D

Capítulo 3

Atividade em grupo – item 1

A eletrosfera tem diâmetro de dez mil (10^4) a cem mil (10^5) vezes o do núcleo. No modelo proposto, teria diâmetro de 50 m a até 500 m, evidenciando que, para manter a escala do modelo, a escolha da miçanga para representar o núcleo atômico em um trabalho escolar não é adequada.

Dialogando com o texto – item 2

Para os átomos eletricamente neutros: K: 19 prótons e 19 elétrons; Ca: 20 prótons e 20 elétrons; Mg: 12 prótons e 12 elétrons; Al: 13 prótons e 13 elétrons; Cl: 17 prótons e 17 elétrons. Para os íons: K^+: 19 prótons e 18 elétrons; Ca^{2+}: 20 prótons e 18 elétrons; Mg^{2+}: 12 prótons e 10 elétrons; Al^{3+}: 13 prótons e 10 elétrons; Cl^-: 17 prótons e 18 elétrons.

Aplicando conhecimentos

3. O número 24 é o número atômico, ou seja, o número de prótons que existe no núcleo do átomo. O número 51 é o número de massa, que corresponde à soma dos números de prótons e nêutrons.

4. $^{81}_{35}Br$.

5. 25 prótons, 30 nêutrons e 25 elétrons.

6. **a.** 6 prótons, 6 elétrons e 6 nêutrons.

b. 8 prótons, 8 elétrons e 9 nêutrons.

c. 7 prótons, 7 elétrons e 6 nêutrons.

d. 13 prótons, 13 elétrons e 14 nêutrons.

7. O íon $_9F^-$ tem 10 elétrons e o íon $_{20}Ca^{2+}$ tem 18. Assim, o $_{20}Ca^{2+}$ tem mais elétrons.

8. 53 prótons e 54 elétrons.

9. 26 prótons, 24 elétrons e 30 nêutrons.

10. **a.** Cr^{3+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Ti^{4+}, Fe^{3+} e Mn^{3+}

b. Crômio, $Z = 24$; cobalto, $Z = 27$; ferro, $Z = 26$; titânio, $Z = 22$; manganês, $Z = 25$.

c. Cr^{3+}: 24 prótons e 21 elétrons
Co^{2+}: 27 prótons e 25 elétrons
Fe^{2+}: 26 prótons e 24 elétrons
Ti^{4+}: 22 prótons e 18 elétrons
Fe^{3+}: 26 prótons e 23 elétrons
Mn^{3+}: 25 prótons e 22 elétrons

22. E

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

23. O hidrogênio leve.

24. **a.** Sim.
b. O urânio-238.
c. O urânio-234.
d. O urânio-235.

25. 18 prótons, 18 elétrons e 22 nêutrons.

26. $^{56}_{26}Fe^{3+}$ tem 26 prótons, 30 nêutrons e 23 elétrons. $^{16}_{8}O^{2-}$ tem 8 prótons, 8 nêutrons e 10 elétrons.

27. **a.** Os oito íons em questão são $^{204}_{82}Pb^{2+}$, $^{206}_{82}Pb^{2+}$, $^{207}_{82}Pb^{2+}$, $^{208}_{82}Pb^{2+}$, $^{204}_{82}Pb^{4+}$, $^{206}_{82}Pb^{4+}$, $^{207}_{82}Pb^{4+}$. Todos são do elemento chumbo ($Z = 82$) e apresentam mesmo número de prótons, que é 82.
b. Quando um átomo se transforma em cátion, o núcleo não se afeta. Assim, os íons de Pb-204 têm têm 122 nêutrons, os de Pb-206 têm 124 nêutrons, os de Pb-207 têm 125 nêutrons e os de Pb-208 têm 126 nêutrons.
c. Um átomo neutro do elemento chumbo tem 82 elétrons; todos seus cátions bivalentes (carga 2+) terão 80 elétrons e todos seus cátions tetravalentes (4+) terão 78 elétrons.

29. Envolve pesquisa.

30. 18

Atividades finais

4. C

5. D

Capítulo 4

Aplicando conhecimentos

2. A

3. B

4. A

5. **a.** O cálcio está no grupo 2 e o oxigênio está no grupo 16.
b. Ca^{2+} (o cálcio perde 2 elétrons e fica com 18, similar ao argônio); O^{2-} (o oxigênio recebe dois elétrons e também fica com 18, como o argônio).

6. **a.** K^+; Br^-; KBr.
b. Ca^{2+}; Cl^-; $CaCl_2$.
c. Na^+; S^{2-}; Na_2S.
d. Mg^{2+}; O^{2-}; MgO.

7. K^+, Br^-, Cl^- e Na^+ são monovalentes e Ca^{2+}, O^{2-}, S^{2-} e Mg^{2+} e são bivalentes.

8. **a.** Sim, pois Q^+ e R^- formam QR.
b. Não, pois Q^+ e R^{2-} formam Q_2R.
c. Não, pois Q^{2+} e R^- formam QR_2.
d. Sim, pois Q^{2+} e R^{2-} formam QR.

9. $x = 4$.

10. B

12. Nas moléculas mencionadas, os átomos de hidrogênio, flúor, cloro, bromo e iodo têm valência 1, os de oxigênio e enxofre têm valência 2, os de nitrogênio têm valência 3 e os de carbono têm valência 4.

13. E

14. C

15. A

17. **a.** CBr_4
b. $MgCl_2$
c. K_2S
d. NCl_3
e. $SiCl_4$
f. PF_3

18. D

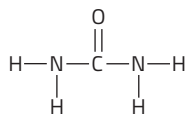
20. **a.** Consultando o Quadro 2: a eletronegatividade do elemento químico oxigênio (O) é 3,5, a do elemento químico nitrogênio (N) é 3,0 e a do elemento químico hidrogênio (H) é 2,1. A diferença de eletronegatividade entre: N e N (na hidrazina e no gás nitrogênio) é zero; N e H (na hidrazina) é 0,9; O e O (no peróxido de hidrogênio) é zero; O e H (na água e no peróxido de hidrogênio) é 1,4. Como essas diferenças são inferiores a 1,7, as ligações são de caráter covalente.
b. $N_2H_4 + 2\,H_2O_2 \rightarrow 4\,H_2O + N_2$

24. O resultado registrado no papel, em 8 linhas consecutivas, será: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar. Esses elementos químicos pertencem ao terceiro período da tabela periódica.

25. No algoritmo, deve-se substituir "11" por "57" e "18" por "71".

34. Zinco sólido, Zn (s): **A**; cloreto de sódio sólido, NaCl (s): **B**; água líquida, H_2O (l): **G**; dióxido de carbono gasoso (gás carbônico), CO_2 (g): **C**; dióxido de carbono sólido (gelo-seco), CO_2 (s): **E**; gás hélio, He (g): **F**; gás cloro, Cl_2 (g): **D** e bromo líquido, Br_2 (l): **H**.

Atividades finais

1.


2. D

5. C

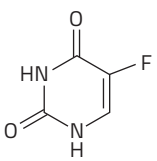
7. A

8. E

Capítulo 5

Aplicando conhecimentos

1. A fórmula estrutural **A**, que o enunciado informa ser do ácido acético, representa uma molécula constituída de dois átomos do elemento químico carbono, quatro do elemento químico hidrogênio e dois do elemento químico oxigênio, na qual os dois carbonos estão ligados entre si por ligação simples, um deles se liga a três hidrogênios e o outro estabelece uma ligação dupla com um oxigênio e uma ligação simples com outro oxigênio, este ligado também a um hidrogênio. Todas as demais fórmulas representam exatamente a mesma molécula descrita, portanto, também representam corretamente o ácido acético.

2.


3. B

4. E

5. Têm mesmo número de átomos de carbono: **A**, **B** e **C**, com 5 átomos de carbono em cada; **D**, **G**, **H** e **I**, com 6 átomos de carbono em cada; **E** e **F**, com 8 átomos de carbono em cada.

6. A molécula **A**.

7. A molécula **I**.

8. A molécula **C**.

10. A afirmação da estudante é correta, pois a fórmula molecular da teobromina é $C_7H_8N_4O_2$ e a da teofilina também.

11. As fórmulas **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **G** e **H** representam o propeno, já as fórmulas **C** e **I** representam outros compostos

12. 7 átomos.

14. A

15. D

16. **a.** O fenvalerato.
b. O fenvalerato.

17. Quatro carbonos primários, seis secundários, quatro terciários e um quaternário.

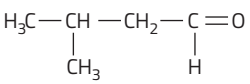
18. A

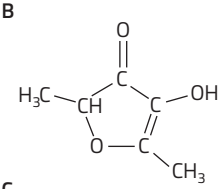
19. C_8H_8

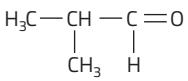
20. **a.** $C_{12}H_{12}N_2O_3$
b. Sim.

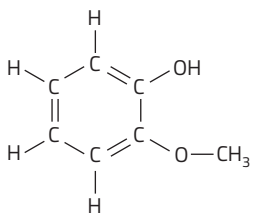
21. **a.** Três átomos de carbono a mais.
b. Quatro átomos de hidrogênio a mais.

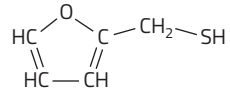
24. **a.** Uma substância, presente em determinado medicamento, que é responsável pela ação terapêutica.
b. $C_{21}H_{25}N$
c. 22 átomos.

27. **A**


B


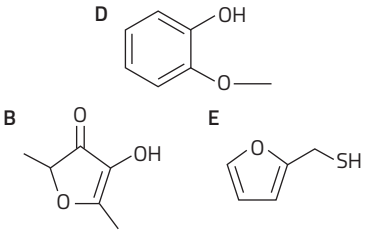
C


D


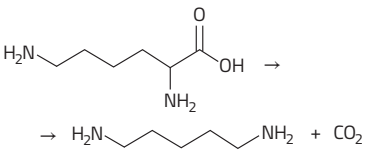
E


Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

28. **D** apresenta anel benzênico; **B** e **E** apresentam heterociclo:



31. Lisina: $C_6H_{14}N_2O_2$; cadaverina: $C_5H_{14}N_2$. Pela conservação dos átomos, o outro produto deve ter fórmula CO_2 (é o dióxido de carbono). A equação química é:



Atividades finais

1. B

3. **a.** $C_{10}H_{20}S_4N_2$

b. 10 pares.

c. Não, pois o oxigênio faz duas ligações, e não três, como o nitogênio.

4. **I.** C_5H_{10}; **II.** C_5H_6; **III.** C_8H_{18}; **IV.** $C_{13}H_{16}$.

5. D

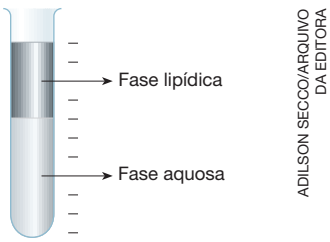
Capítulo 6

Aplicando conhecimentos

6. A

Atividades finais

8. **a.**



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

b. Comparando a fase lipídica dos dois tubos (que é a superior), verificamos que a versão "*light*" tem metade da quantidade de gordura da margarina "normal". Como o preço é o mesmo, concluímos que a gordura custa duas vezes mais na margarina "*light*".

Capítulo 7

Aplicando conhecimentos

14. O suco de maracujá é mais ácido que o suco de goiaba, pois apresenta *pH* menor.

17. A

18. E

19. O técnico deve escolher o produto básico, porque o valor constatado (6,5) corresponde a um meio mais ácido do que deveria ser (entre 7,2 e 7,8).

20. $2\,HCl\,(aq) + Ca(OH)_2\,(s) \rightarrow CaCl_2\,(aq) + H_2O\,(l)$

21. E

22. E

23. **a.** Envolve pesquisa.

b. KNO_3: cátion K^+ e ânion NO_3^-.
$NaNO_3$: cátion Na^+ e ânion NO_3^-.
$CaSO_4$: cátion Ca^{2+} e ânion SO_4^{2-}.
$Ca_3(PO_4)_2$: cátion Ca^{2+} e ânion PO_4^{3-}.
NH_4Cl: cátion NH_4^+ e ânion Cl^-.
NH_4NO_3: cátion NH_4^+ e ânion NO_3^-
$(NH_4)_2SO_4$: cátion NH_4^+ e ânion SO_4^{2-}.
$(NH_4)_3PO_4$: cátion NH_4^+ e ânion PO_4^{3-}.

c. KNO_3: nitrato de potássio.
$NaNO_3$: nitrato de sódio.
$CaSO_4$: sulfato de cálcio.
$Ca_3(PO_4)_2$: fosfato de cálcio.
NH_4Cl: cloreto de amônio.
NH_4NO_3: nitrato de amônio.
$(NH_4)_2SO_4$: sulfato de amônio.
$(NH_4)_3PO_4$: fosfato de amônio.

d. Envolve pesquisa.

25. **a.** $CaCO_3$

b. $NaHCO_3$

26. B

27. E

29. **a.** O dióxido de carbono é constituído de moléculas, que apresentam a composição CO_2.

b. O óxido de cálcio é um composto iônico, constituído de íons Ca^{2+} e O^{2-}.

c. O dióxido de carbono confere caráter ácido quando dissolvido em água:
$CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq)$
O óxido de cálcio confere caráter alcalino a uma solução aquosa:
$CaO\,(s) + H_2O\,(l) \rightarrow Ca^{2+}\,(aq) + 2\,OH^-\,(aq)$

30. **a.** A chuva é ligeiramente ácida, pois apresenta $pH < 7$.

b. Chuva ácida é aquela com $pH < 5{,}6$. Segundo o texto apresentado, os ácidos são H_2SO_4 (sulfúrico) e HNO_3 (nítrico).

31. **a.** III

b. IV e VI

c. V e VI

d. I e II

33. A

Atividades finais

5. O número de cátions H^+ é igual ao de ânions Cl^-, pois são formados em igual quantidade na ionização. A solução é eletricamente neutra, pois a quantidade de cargas elétricas positivas é igual à de negativas, mas é incorreto afirmar que a solução "não conduz a eletricidade", já que tem íons livres.

6. B

9. **a.** $Fe(OH)_2$ e $Fe(OH)_3$.

b. $2\,HCl\,(aq) + Fe(OH)_2\,(s) \rightarrow FeCl_2\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$
$3\,HCl\,(aq) + Fe(OH)_3\,(s) \rightarrow FeCl_3\,(aq) + 3\,H_2O\,(l)$

10. **a.** $2\,NaHCO_3\,(s) \rightarrow Na_2CO_3\,(s) + H_2O\,(g) + CO_2\,(g)$

b. O extintor não é apropriado quando o fogo já superou a fase de pequeno foco inicial, pois não há possibilidade de extinção usando esse tipo de equipamento, o que coloca o operador em risco.

11. **a.** $Ca(OH)_2$ e NaOH.

b. $Na_2CO_3\,(aq) + Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow CaCO_3\,(s) + 2\,NaOH\,(aq)$

c. Carbonato de cálcio.

d. Envolve pesquisa.

12. A

13. E

Capítulo 8

Atividade em grupo – item 3

- Solvente: H_2O; soluto: KNO_3.
- 42,0 g
- 250 mL
- 1.050 g (ou 1,050 kg)
- 84,0 g
- 966 g

Dialogando com o texto – item 3

Envolve pesquisa.

Aplicando conhecimentos

9. **a.** O solvente é H_2O e o soluto é NaOH.

b. 30 g

c. 250 mL

10. D

11. B

12. Determina-se 11,9 g de KBr com uma balança. Essa amostra é transferida para um béquer e dissolvida em um pouco de água. A solução é integralmente transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL, completando-se com água destilada até a marca no pescoço do balão. Tampa-se o frasco (com a sua tampa apropriada) e agita-se, invertendo o balão algumas vezes. O volume da solução que contém 9,52 g de soluto é 800 cm^3.

13. 3,7 m^3

15. 33 g de soluto e 187 g de solvente.

16. C

Atividade em grupo – item 4

A mistura deve ser feita na proporção em massa de 95 : 100.

Aplicando conhecimentos

18. O título em massa é 0,20 e a porcentagem em massa do soluto é 20%.

19. Na solução que se deseja preparar, deve haver 100 g de sacarose e 900 g de água, totalizando 1.000 g (1 kg).

20. A concentração de soluto é 105 g/L. Assim, a solução é adequada ao procedimento a ser realizado pelo biólogo.

21. 444 g/L

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

22. O título em volume é 0,21 e a porcentagem em volume de oxigênio no ar é 21 %.

23. 45 L

24. C

25. **a.** 7 ppm

b. 0,5 ppm

c. O lote não deve ser liberado.

26. $2 \cdot 10^{-4}$ ppm em volume.

27. Há 300 mg/kg, portanto o lote deve ser reprovado para venda.

28. D

31. 4 g/L

32. Para que a concentração em mol/L fique reduzida a um quarto do valor inicial, o volume deve ser quadruplicado por adição do solvente água.

33. D

34. Devem ser acrescidos dois copos de água.

35. D

Atividades finais

1. B
2. C
3. B
4. B
5. B
6. D
7. D
8. D
9. B
10. D

Capítulo 9

Dialogando com o texto

O volume deve ser reduzido a 0,25 L.

Aplicando conhecimentos

2. B

3. C

5. 45 g

6. 40 g

7. *T* deve ser igual ou superior a 50 °C.

8. 80 °C

Atividades finais

2. C

Capítulo 10

Dialogando com o texto

Calculando as médias ponderadas, os resultados são: O: 16,0 u; Ne: 20,2 u; Cl: 35,5 u; Br: 79,9 u, o que está de acordo com as massas atômicas apresentadas na tabela periódica do final deste livro, consideradas com uma casa decimal.

Aplicando conhecimentos

1. B

2. A massa total é 111 g. A massa média, determinada dividindo-se a massa total pelo número de moedas, é 3,7 g. Trata-se de uma média ponderada, assim como o cálculo da massa atômica de um elemento com dois ou mais isótopos naturais.

3. O valor 64 u é a média aritmética simples de 63 u e 65 u. Como a porcentagem do isótopo de massa 63 u é maior, a média ponderada resultará em um valor mais próximo de 63 u do que de 65 u, sendo, portanto, menor do que 64 u.

4. $\frac{79 \cdot 24\ u + 10 \cdot 25\ u + 11 \cdot 26\ u}{100} = 24{,}3\ u$

5. 2

6. 8,5

7. E

8. 10

9. Fosgênio ($COCl_2$).

10. A

12. 27 u e 27u.

13. 197 u para todos os três.

14. 32 u e 32 u.

15. Amônio (NH_4^+).

16. B

Dialogando com o texto – item 3

1. $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos; 1 mol de átomos.

2. $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas; 1 mol de moléculas.

3. $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons; 1 mol de íons.

Atividade em grupo – item 4

Hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio.

Aplicando conhecimentos

17. E

18. D

19. A

20. B

21. A

22. E

23. C

24. $1{,}8 \cdot 10^{25}$ átomos de Al.

25. 18 setilhões de átomos de alumínio.

26. **a.** 0,022 g

b. $6 \cdot 10^{21}$ átomos de ouro.

c. $6 \cdot 10^{21}$ átomos de cobre.

27. **a.** 36 g

b. $1{,}2 \cdot 10^{24}$ moléculas de água.

28. $1{,}2 \cdot 10^{21}$ átomos de silício.

29. $6{,}0 \cdot 10^{11}$ átomos dopantes.

30. 500 mol de acetileno; $3{,}0 \cdot 10^{26}$ moléculas.

31. 10,8 g

32. Há mais moléculas no garrafão de água.

33. **a.** $1{,}8 \cdot 10^{20}$ mol

b. $1{,}8 \cdot 10^{16}$ mol

c. $7{,}9 \cdot 10^{17}$ g ($7{,}9 \cdot 10^{11}$ t)

d. Resposta pessoal.

34. **a.** Frasco **A**: álcool; frasco **B**: água.

b. Há mais átomos no frasco **A**.

35. Oxigênio, silício, hidrogênio, alumínio, sódio, cálcio, ferro, magnésio, potássio e titânio.

36. **a.** $4{,}3 \cdot 10^{-8}$ mol

b. $2{,}3 \cdot 10^{7}$ ano (23 milhões de anos).

37. D

38. **a.** N_2H_4

b. 32 g/mol

c. Respectivamente, 28 g e 4g.

39. A proporção, expressa por meio dos menores número inteiros, é:
20 mol de C : 30 mol de H : 1 mol de O.
Consequentemente, a fórmula molecular da vitamina A é $C_{20}H_{30}O$.

40. Fe_3O_4

41. **a.** 25%

b. 25 kg

42. Ureia.

43. **a.** 69,9%

b. 419 kg

44. Determinando-se a massa de cada um dos elementos em 162 g da substância e, a partir dessas massas, calculando a quantidade em mols de cada um, chega-se a $C_6H_{10}S_2O$.

Atividades finais

1. $1{,}2 \cdot 10^{27}$ moléculas de água.

2. **a.** $8{,}6 \cdot 10^{16}$ átomos de Li.

b. $2{,}5 \cdot 10^{16}$ átomos de Mg.

c. $3{,}0 \cdot 10^{15}$ átomos de Hg.

3. **a.** 86 quatrilhões de átomos.

b. 25 quatrilhões de átomos.

c. 3 quatrilhões de átomos.

4. A massa não pode ser determinada, pois é inferior à sensibilidade da balança.

5. Respectivamente, 0,9 g e $2{,}8 \cdot 10^{21}$ átomos de platina.

6. B

7. B

8. B

9. 90%

10. **a.** 90%

b. 0,9 t

11. 77,5%

12. C_9H_8O

13. $C_8H_{10}N_4O_2$

14. **a.** Respectivamente, 76% e 24%.

b. 152 g

c. Há mais átomos em 50 g de água.

15. D

Capítulo 11

Dialogando com o texto – item 1

1. $V(\mathbf{B}) = \frac{b \cdot M(\mathbf{B}) \cdot m(\mathbf{A})}{a \cdot M(\mathbf{A}) \cdot d(\mathbf{B})}$

2. Um *loop* é um conjunto de instruções (de um algoritmo) que são executadas repetitivamente, até que sejam alcançadas uma ou mais condições desejadas. No caso, quando V_{adic} igualar $V(\mathbf{B})$ ou superá-lo ligeiramente (não superará por mais do que 1 mL), a resposta à pergunta que está no losango, "$V_{adic} \geqslant V(\mathbf{B})$?", será SIM, e o *loop* se encerrará. A condição para encerrar o *loop* é, portanto, que a variável V_{adic} seja igual ou superior a $V(\mathbf{B})$.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Aplicando conhecimentos

1. 10 mol

2. **a.** $2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ H_2O\ (g)$

b. 2 : 1 : 2

c. 100 mol

3. **a.** Respectivamente, 15 mol e 5 mol.

b. 15 mol

4. **a.** $CO\ (g) + NO_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g) + NO\ (g)$

b. 74 g e 74 g.

c. Sim, a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos, o que está de acordo com a conservação dos átomos em uma reação química.

5. **a.** $5{,}0 \cdot 10^5$ mol

b. A proporção estequiométrica é 1 : 3 : 2 e as quantidades de reagentes utilizadas diariamente são $2{,}5 \cdot 10^5$ mol de N_2 e $7{,}5 \cdot 10^5$ mol de H_2.

c. $m(N_2) = 7{,}0 \cdot 10^6$ g = 7,0 t

$m(H_2) = 1{,}5 \cdot 10^6$ g = 1,5 t

d. A proporção entre as massas dos participantes da reação é 28 g : 6 g : 34 g. Os resultados obtidos coincidem com os do item **c**, pois são duas maneiras equivalentes para efetuar o cálculo de massas por estequiometria.

6. $2{,}8 \cdot 10^6$ g = 2,8 t

7. Respectivamente, 1,42 kg e 1,6 kg.

8. $7{,}9 \cdot 10^6$ g = 7,9 t

9. **a.** A lei de Lavoisier, ou lei da conservação da massa, enuncia que, quando uma reação química é realizada em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. As massas do reagente gás oxigênio, são, respectivamente, 3,20 g; 4,80 g; 6,40 g; 8,00 g; 9,60 g e 11,20 g.

b. A tabela solicitada é:

Experimento	*n*(Mg)	$n(O_2)$	*n*(MgO)
1	0,20	0,10	0,20
2	0,30	0,15	0,30
3	0,40	0,20	0,40
4	0,50	0,25	0,50
5	0,60	0,30	0,60
6	0,70	0,35	0,70

c. $2\ Mg\ (s) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ MgO\ (s)$

A tabela elaborada no item anterior está de acordo com a proporção estequiométrica

d. Não, pois a soma das quantidades (em mol) de reagentes pode ser diferente da soma das quantidades (em mol) de produtos.

10. **a.** $H_2\ (g) + Cl_2\ (g) \rightarrow 2\ HCl\ (g)$

b. 1 : 1 : 2

c. 1 : 1 : 2

11. **a.** $2\ H_2O\ (l) \rightarrow 2\ H_2\ (g) + O_2\ (g)$

b. Os volumes dos dois produtos não são iguais porque os coeficientes estequiométricos não são iguais. A proporção entre os coeficientes estequiométricos de gás hidrogênio (H_2) e gás oxigênio (O_2) é 2 : 1.

12. **a.** $4{,}9\ m^3$ **b.** $4{,}9\ m^3$

13. 1,63 g

Dialogando com o texto – item 3

Sobrarão sabonetes.

Aplicando conhecimentos

14. **a.** $2\ NO\ (g) + O_2\ (g) \rightarrow 2\ NO_2\ (g)$

b. O reagente O_2 está em excesso.

15. **a.** 10 mol

b. O reagente em excesso é o O_2.

16. **a.** 10 mol

b. Haverá excesso de 2,5 mol de O_2.

17. **a.** Há excesso de NH_3.

b. 45 g

c. 198 g

18. 8,5 mol

19. $1{,}96 \cdot 10^6$ g = 1,96 t

20. 100 mol

21. $6{,}0 \cdot 10^3$ g = 6,0 kg

22. 560 kg

23. D

24. Respectivamente, 1,64 g e 41%.

25. **a.** 20 g

b. 80%

26. 75 mol

27. 10 mol

28. **a.** 45%

b. 1,7 kg

Atividades finais

1. A

2. C

3. A

4. C

5. C

Capítulo 12

Dialogando com o texto – item 1

- O solvente é a água (H_2O).
- O soluto é o sulfato de zinco ($ZnSO_4$).
- 2,0 mol
- 323 g
- 323 mg
- O processo é: dissolve-se 323 g de sulfato de zinco em uma pequena quantidade de água, em um béquer. Transfere-se, então, essa solução integralmente para um balão volumétrico de 1 L e adiciona-se água até a marca existente no balão. Tampa-se o balão volumétrico e agita-se (invertendo-se o balão) algumas vezes para homogeneizar.

Atividade em grupo

$1{,}0 \cdot 10^{12}$ de moléculas de geosmina.

Aplicando conhecimentos

3. E

4. C

5. A

6. C

7. B

9. 64 g

10. A

11. Deve ser reprovado por conter uma concentração de ácido fosfórico (1,96 g/L) que é superior ao limite permitido (0,97 g/L).

12. Sim. O resultado é 1,68 mol/L.

13. C

14. O volume utilizado da solução 1,0 mol/L deve ser quatro vezes o volume da solução 2,0 mol/L.

15. As duas são iguais a 0,1 mol/L.

16. 0,003 mol/L

17. **a.** Equaciona-se a dissociação iônica do sal e utiliza-se a proporção estequiométrica entre o sal e seus íons para o cálculo, chegando-se a:

$\mathcal{M}_l(Fe^{3+}) = 0{,}2\ mol/dm^3$;

$\mathcal{M}_l(SO_4^{2-}) = 0{,}3\ mol/dm^3$.

b. O cálculo, realizado por proporcionalidade entre a quantidade de soluto e o volume de solução, resulta $0{,}2\ dm^3$.

18. A ordem decrescente é: bicarbonato, sódio, cálcio, potássio, magnésio, nitrato, cloreto, sulfato, fluoreto e fosfato.

19. C

20. E

21. B

22. A

23. A solução não apresenta a concentração alegada, e sim 0,30 mol/L.

24. A concentração da solução é 3,92 g/L, ou seja, a informação do rótulo é verdadeira.

25. A porcentagem em massa de ácido acético nesse vinagre é 3%. Portanto, o vinagre não atende à especificação.

26. Sim, pois são necessárias 8,9 t de $Ca(OH)_2$ para a neutralização.

27. Sim, pois são necessários 42 g de $NaHCO_3$ para a neutralização.

Atividades finais

1. B

2. A

3. B

4. B

5. C

6. E

7. B

8. D

9. A solução final será ácida, devido ao excesso estequiométrico de HCl.

10. D

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 13

Aplicando conhecimentos

4. **a.** Construção de diagrama.

b. 0,33 kJ

8. 320 g

11. $\Delta_r H = +1{,}9$ kJ/mol

12. O gráfico informa que ocorre absorção de 500 kJ na produção de 100 g de HCN. Como a massa molar do HCN é 27 g/mol, fazemos um cálculo de proporcionalidade para determinar a energia liberada ao produzir 27 g, chegando a: $\Delta_r H = +135$ kJ/mol.

13. $\Delta_{total} H = +60$ kJ/mol

14. $\Delta_{total} H = -60$ kJ/mol

15. $\Delta_{total} H = +30$ kJ/mol

17. $\Delta_r H^\ominus = -2.504$ kJ/mol

19. Usando a Lei de Hess, a engenheira pode chegar ao valor $\Delta_r H^\ominus = -312$ kJ/mol.

20. **a.** $\Delta_r H = +0{,}3$ kJ/mol

b. Construção de diagrama.

21. $\Delta_{vap} H = +41{,}5$ kJ/mol

22. **a.** $7{,}8 \cdot 10^{11}$ kJ

b. $2{,}6 \cdot 10^{4}$ t

23. **a.** Octano.

b. Gás hidrogênio.

c. Octano.

24. **a.** A saída do algoritmo será a reta mostrada em verde no gráfico a seguir:

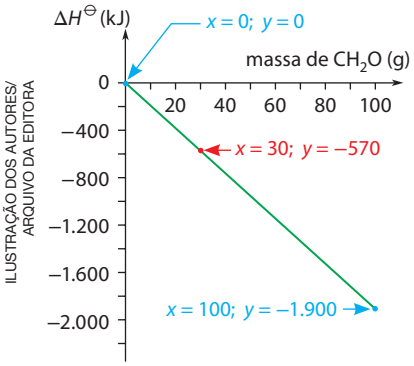


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

b. −570 kJ

c. Substituir, no algoritmo, a expressão "$y = (-19) \cdot x$" por "$y = (-26{,}5) \cdot x$".

26. **a.** O cálculo pode ser realizado substraindo a soma das entalpias-padrão de formação dos produtos da entalpia-padrão de formação do produto, o que resulta: −123,8 kJ/mol.

b. O cálculo pode ser feito substraindo a entalpia-padrão de formação do $PCl_5(s)$ da entalpia-padrão de formação do $PCl_5(g)$, resultando: +68,6 kJ/mol.

27. $\Delta_r H^\ominus = -30$ kJ/mol

28. $\Delta_r H^\ominus = -851{,}5$ kJ/mol. É possível que a informação seja verdadeira.

29. $\Delta_f H^\ominus = -520$ kJ/mol

30. $\Delta_r H^\ominus = +84$ kJ/mol. Portanto, a reação é endotérmica.

Atividades finais

5. B

6. D

7. D

10. C

11. B

12. A

Capítulo 14

Aplicando conhecimentos

1. $v_m(NH_3) = 2{,}0 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$,
$v_m(H_2) = 1{,}0 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$
$v_m(N_2) =$ é $3{,}0 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$.

A rapidez média de consumo ou formação corresponde à mesma proporção entre os coeficientes estequiométricos de NH_3, N_2 e H_2 (2 : 1 : 3). Isso porque o intervalo de tempo (Δt) é o mesmo e as quantidades que reagem e são produzidas estão entre si na proporção dos coeficientes (proporção estequiométrica). A mesma conclusão valeria se os cálculos tivessem sido realizados para o intervalo de tempo de 2 h a 3 h.

3. **a.** 1.080 L/s

b. 2,7 mol

c. 54 mol/s

d. 1,8 mol

e. 36 mol/s

f. 117 g

4. **a.** 0,20 mol/s

b. 0,050 mol/s

5. 8 mol/min

6. B

7. C

8. A reação II tem maior velocidade nas duas horas iniciais, pois, para o mesmo Δt, o gráfico informa que $|\Delta V_{II}| > |\Delta V_{I}|$.

9. A

Atividades finais

2. C

3. C

9. B

Capítulo 15

Dialogando com o texto – item 3

As unidades são, respectivamente, mol/L; adimensional; e $(\text{mol/L})^{-2}$ ou $L^2 \cdot \text{mol}^{-2}$.

Aplicando conhecimentos

6. **a.** $K_C = \dfrac{[COCl_2]}{[CO]\,[Cl_2]}$

b. $K_C = \dfrac{[NO]^2\,[O_2]}{[NO_2]^2}$

c. $K_C = \dfrac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$

7. **a.** 60 s

b. $[NO_2] = 0{,}120$ mol/L
$[N_2O_4] = 0{,}040$ mol/L

c. O valor numérico solicitado é 0,36.

d. Do início até o equilíbrio ser estabelecido, a concentração do reagente (N_2O_4) diminui com o tempo (o módulo da variação é 0,060 mol/L) e a concentração do produto (NO_2) aumenta com o tempo (variação de 0,120 mol/L). Obedecendo à proporção dos coeficientes estequiométricos da equação (proporção estequiométrica da reação), o módulo da variação da concentração do NO_2 é o dobro da variação da concentração do N_2O_4.

9. O valor numérico solicitado é 20.

10. O valor numérico solicitado é 45.

11. **a.** **A**: NO; **B**: O_2; **C**: NO_2.

b. É atingido o equilíbrio químico.

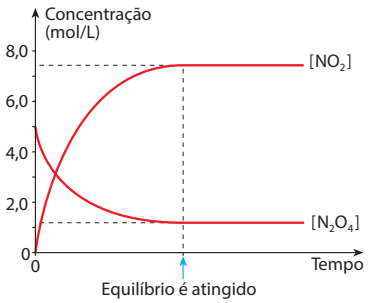
c. O valor numérico solicitado é 0,5.

12. Dividindo-se 0,06 mol/L por 0,100 mol/L, chega-se a $\alpha = 0{,}60 = 60\%$.

13. O valor numérico solicitado é 42.

14. Dividindo-se 3,7 mol/L por 5,0 mol/L, o resultado obtido é $\alpha = 0{,}74 = 74\%$.

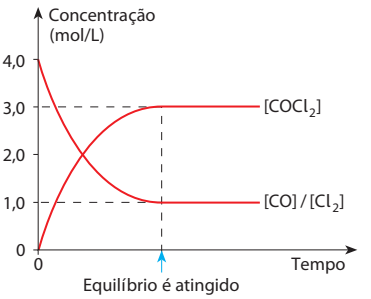
15. O gráfico solicitado é:



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

16. O valor numérico solicitado é 3,0.

17. O gráfico solicitado é:



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

21. Frascos 3 e 4.

Atividades finais

4. B

5. C

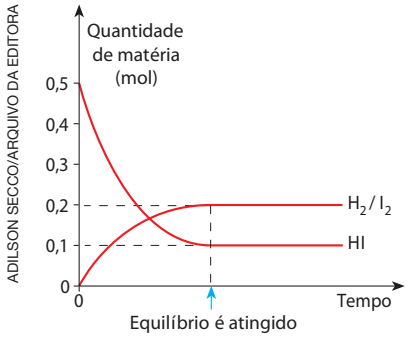
6. C

7. **a.** O cálculo é realizado pela divisão de 0,4 mol por 0,5 mol, o que conduz ao resultado $\alpha = 0{,}80 = 80\%$.

b. O valor numérico obtido é 3,0.

c. O gráfico é mostrado a seguir.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

8. C

Capítulo 16

Aplicando conhecimentos

6. A

7. B

8. D

9. A partir da expressão e do valor de K_W (a 25 °C), e substituindo o valor de $[H_3O^+]$, chega-se a $[OH^-] = 2 \cdot 10^{-12}$ mol/L

10. a. $1{,}6 \cdot 10^{-10}$ mol/L

b. O meio é ácido.

11. $[H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L

$[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-10}$ mol/L

12. Respectivamente, 1 e 2. Aquela de $pH = 1$ é a mais ácida.

13. Respectivamente, 13 e 12. Aquela que apresenta $pH = 13$ é a mais básica.

16. a. 2,3 **c.** 10,5

b. 4,2 **d.** 13,3

17. a. 10^2

b. $pOH_{\text{suco de limão}} = 11{,}7$

$pOH_{\text{suco de goiaba}} = 9{,}7$

c. 10^2

18. O efluente passou a ter concentração de íons H_3O^+ 1.000 vezes menor.

20. Se a eritrosina fica vermelha, o *pH* está acima de 3,6, e, se o indicador verde de bromocresol fica amarelo, o *pH* está abaixo de 3,8. Portanto, o *pH* da chuva está situado entre 3,6 e 3,8.

23. a. A solubilidade dos dois gases é diminuída como consequência do aquecimento.

b. A solubilidade a 30 °C é quase a metade do valor a 0 °C.

c. A solubilidade a 100 °C é cerca de um terço do valor a 0 °C.

d. O aumento de temperatura reduz a concentração de gás oxigênio dissolvido na água. Como os peixes necessitam desse gás dissolvido para sua respiração, essa diminuição pode matá-los. É uma forma de poluição chamada poluição térmica.

Atividades finais

2. C

5. O *pH* está situado na faixa de 7,3 a 7,5.

6. C

7. B

Capítulo 17

Aplicando conhecimentos

3. +1,56 V

6. +1,53 V

8. a. $Pb(s) + PbO_2(s) + 4\,H^+(aq) + 2\,SO_4^{2-}(aq) \rightarrow 2\,PbSO_4(s) + 2\,H_2O(l)$

b. Três respostas possíveis: ácido sulfúrico, H_2SO_4(aq), chumbo metálico, Pb(s) ou óxido de chumbo(IV), PbO_2(s).

c. +12,3 V

Capítulo 18

Dialogando com o texto – item 1

A equação que representa a outra reação mencionada na abertura do capítulo é:

$2\,NO_2^- + O_2 \rightarrow 2\,NO_3^-$

O reagente NO_2^- perde elétrons.

O reagente O_2 recebe elétrons.

Atividade em grupo – item 2

Oxidação:

$C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O \rightarrow 6\,CO_2 + 24\,H^+ + 24\,e^-$

Redução:

$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O$

Equação da reação global:

$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$

Redutor: $C_6H_{12}O_6$; oxidante: O_2.

Aplicando conhecimentos

1. a. $Fe^{2+} + 3\,H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3\,H^+ + e^-$

$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O$

b. $4\,Fe^{2+} + O_2 + 10\,H_2O \rightarrow 4\,Fe(OH)_3 + 8\,H^+$

2. a. A primeira semirreação é de oxidação, pois corresponde à perda de elétrons. A segunda semirreação é de redução, pois mostra recebimento de elétrons.

b. Para igualar o número de elétrons perdidos e recebidos, somamos a primeira equação com a segunda, multiplicada por 3, obtendo:

$C_6H_{12}O_6 + 3\,SO_4^{2-} + 6\,H^+ \rightarrow 6\,CO_2 + 3\,H_2S + 6\,H_2O$

c. Oxidante: SO_4^{2-}; redutor: $C_6H_{12}O_6$.

3. Semirreação de oxidação:

$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2\,H^+ + 2\,e^-$

Semirreação de redução:

$Br_2 + 2\,e^- \rightarrow 2\,Br^-$

Equação da reação global:

$SO_3^{2-} + Br_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2\,Br^- + 2\,H^+$

4. $MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$

$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \rightarrow 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$

Tanto o íon permanganato quanto o íon dicromato podem atuar como oxidantes, pois essas espécies químicas se reduzem (recebem elétrons) quando essas semirreações ocorrem.

5. a. $2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$

b. $10\,Cl^- + 2\,MnO_4^- + 16\,H^+ \rightarrow 5\,Cl_2 + 2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O$

6. Os cálculos apresentados devem conduzir aos seguintes valores de número de oxidação para o carbono: CH_4: −4; CO_2: +4; CH_2O: zero; CH_3OH: −2; HCO_2H: +2. Então, o maior valor ocorre no CO_2.

7. O carbono é reduzido de +4 (no CO_2) a zero (no $C_6H_{12}O_6$). O enxofre é oxidado de −2 (no H_2S) a zero (no S). Os demais elementos químicos mantêm seu número de oxidação: hidrogênio (+1) e oxigênio (−2).

8. E

9. Os números de oxidação dos elementos químicos potássio (+1) e oxigênio (−2) não se alteram. O número de oxidação dos outros três elementos químicos se altera:

- nitrogênio: de +5 se reduz para zero;
- enxofre: de zero se oxida a +6;
- carbono: de zero se oxida a +4

10. Não ocorre alteração do número de oxidação de nenhum dos elementos.

11. a. $C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O \rightarrow 6\,CO_2 + 24\,H^+ + 24\,e^-$

$N_2 + 8\,H^+ + 6\,e^- \rightarrow 2\,NH_4^+$

$C_6H_{12}O_6 + 4\,N_2 + 6\,H_2O + 8\,H^+ \rightarrow 6\,CO_2 + 8\,NH_4^+$

b. O elemento químico carbono (C) é oxidado, passando de número de oxidação zero para +4. Já o elemento químico nitrogênio (N) é reduzido, passando de número de oxidação zero para −3.

c. Redutor: $C_6H_{12}O_6$, pois contém o elemento químico que se oxida; oxidante: N_2, pois é constituído do elemento químico que se reduz.

Em destaque – item 4

1. Há possibilidade de manutenção da vida dos peixes nos rios *A* e *B*, mas não no *C*.

3. Oxidação:

$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2\,H^+ + 2\,e^-$

Redução:

$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O$

4. $C_6H_6 + 12\,H_2O \rightarrow 6\,CO_2 + 30\,H^+ + 30\,e^-$

O número de oxidação do elemento químico carbono é −1 no benzeno e +4 no dióxido de carbono. A variação (5 unidades) é compatível com 30 e^-, pois há 6 átomos de carbono na semirreação.

Aplicando conhecimentos

16. a. O potencial-padrão do ouro (+1,50 V) é maior que o do nitrato em meio ácido (+0,96 V), mas o do cobre (+0,34 V), não.

b. 75%, pois é essa a porcentagem que 0,450 g representa em relação a 0,600 g.

17. a. Tubos **A** e **E**.

b. $Fe(s) + 3\,H_2O(l) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3\,H^+(aq) + 3\,e^-$

c. Sim, porque a variação do número de oxidação do ferro é de 3 unidades.

Atividades finais

1. E

2. E

3. D

6. E

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 19

Aplicando conhecimentos

2. Redução: $K^+ + e^- \rightarrow K^0$

Oxidação: $2\,F^- \rightarrow F_2 + 2\,e^-$

Global: $2\,K^+ + 2\,F^- \rightarrow 2\,K^0 + F_2$

3. **a.** No cátodo: alumínio metálico (Al^0). No ânodo: gás oxigênio (O_2).

b. Redução: $Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al^0$

Oxidação: $2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^-$

4. Catódica: $Ra^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Ra^0$

Oxidação: $2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$

5. **a.** $Sn^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq) \rightarrow Sn(s) + Cl_2(g)$

$4\,Ag^+(aq) + 2\,H_2O(l) \rightarrow$

$\rightarrow 4\,Ag(s) + O_2(g) + 4\,H^+(aq)$

$2\,H_2O(l) + 2\,I^-(aq) \rightarrow$

$\rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq) + I_2(s)$

$2\,H_2O(l) \rightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g)$

b. $SnCl_2$: redução de Sn e oxidação de Cl.

$AgNO_3$: redução de Ag e oxidação de O (da água).

KI: redução de H (da água) e oxidação de I.

Na_2SO_4: redução de H (da água) e oxidação de O (da água).

8. **a.** Gás cloro:

$2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$

b. Gás hidrogênio:

$2\,H_2O + 2\,e^- \rightarrow H_2 + 2\,OH^-$

c. O cloreto de hidrogênio, HCl.

d. O hidróxido de sódio, NaOH.

Atividades finais

1. $CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow N_2 + CO_2 + 3\,H_2$

A distância percorrida é de 200 km.

Capítulo 20

Aplicando conhecimentos

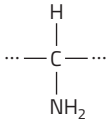
18. **a.** A testosterona pertence às classes funcionais álcool e cetona. A progesterona pertence à classe funcional cetona.

b. Na progesterona, há dois átomos do elemento químico carbono a mais.

c. Na progesterona, há dois átomos do elemento químico hidrogênio a mais.

d. Nenhuma das duas moléculas apresenta anel benzênico.

31. **a.** O átomo de carbono do trecho destacado está ligado a um átomo de hidrogênio, a um grupo $—NH_2$ e a dois átomos de carbono da cadeia carbônica:



b. Pertence à classes funcionais sulfeto orgânico, amina e ácido carboxílico.

Atividades finais

6. C

Capítulo 21

Aplicando conhecimentos

2. São isômeros os pares: **a**, **c**, **d**, **f**.

3. A

24. **a.** −88,4

b. 99,4

c. 22,1

d. 0,806

e. −13,5.

25. **a.** As classes funcionais presentes na molécula são fenol, álcool e amina.

b. Existe 1 carbono quiral.

c. A previsão é de que, pelo fato de serem enantiômeros, interajam diferentemente com enzimas e receptores proteicos existentes no organismo e, assim, apresentem diferentes efeitos fisiológicos.

Atividades finais

1. C

2. C

3. D

7. E

Capítulo 22

Aplicando conhecimentos

5. Em R—COOH, sendo o "n" o número de átomos de carbono presentes em R, temos as seguintes situações possíveis:

- Se o ácido graxo saturado, cada carbono de R terá dois hidrogênios, exceto o da extremidade CH_3, que terá três. Assim, haverá $2n+1$ hidrogênios em R e a fórmula geral será $C_nH_{2n+1}COOH$.
- Se o ácido graxo for monoinsaturado, dos $2n+1$ hidrogênios presentes no grupo R saturado, dois serão "removidos" para que se estabeleça a dupla C=C. Assim, há $2n-1$ hidrogênios (isto é, $2n+1-2$) em R, e a fórmula geral será , $C_nH_{2n-1}COOH$.
- Se o ácido graxo for poli-insaturado, o número de hidrogênios em R será sucessivamente menor que $2n-1$, sendo subtraído de duas unidades a cada nova insaturação que se faça presente.

Então, o ácido behênico é saturado, ácido erúcico é monoinsaturado e o ácido gondoico também é monoinsaturado.

26. B

Atividades finais

2. C

Capítulo 23

Aplicando conhecimentos

2. $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{222}_{86}Rn$

3. $^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{226}_{88}Ra$

4. $^{214}_{83}Bi \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{214}_{84}Po$

6. 6 minutos

7. 625 mg

8. 8 dias

9. **a.** $^{90}_{38}Sr \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{90}_{39}Y$

b. 84 anos

10. 750 mg

11. 4 meias-vidas

12. D

13. C

15. $^{245}_{88}X$; o elemento químico é o califórnio.

16. Por meio do balanço das cargas nucleares e do balanço de números de massa, conclui-se que é um nêutron, $^{1}_{0}n$.

17. 11.460 anos

18. 17.190 anos.

Dialogando com o texto – item 5

a. $5{,}54 \cdot 10^5$ g

b. $2{,}67 \cdot 10^6$ g

Aplicando conhecimentos

20. **a.** Fissão nuclear.

b. $^{92}_{36}Kr$

23. A: tecnécio (Tc); B: promécio (Pm).

24. X (einstênio): $^{247}_{99}Es$; Y (férmio): $^{249}_{100}Fm$.

26. E

35. X: $^{24}_{12}Mg$; Y: $^{23}_{11}Na$; Z: $^{20}_{10}Ne$; W: $^{16}_{8}O$.

36. **a.** Captura neutrônica.

b. $^{128}_{54}Xe + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{129}_{54}Xe$

c. Decaimento beta.

d. $^{139}_{56}Ba \rightarrow {}^{139}_{57}La + {}^{0}_{-1}\beta$

Atividades finais

1. B

3. A

4. D

5. A massa inicial total era de 1.000 mg. No decaimento do Po-208 forma-se $^{204}_{82}Pb$ e, no decaimento do Ra-224, forma-se $^{224}_{89}Ac$.

6. B

7. D

10. B

14. X: berílio, $^{9}_{4}Be$; Y: boro, $^{11}_{5}B$.

15. B

Capítulo 24

Atividades finais

1. **a.** A taxa de crescimento do fio de cabelo é calculada dividindo $1 \cdot 10^{-2}$ m por quantos segundos existem em um mês de 30 dias ($2{,}6 \cdot 10^6$ s), o que resulta $3{,}8 \cdot 10^{-9}$ m/s, ou 3,8 nm/s.

b. Considerando que as unhas cresçam 3 mm (isto é, $3 \cdot 10^{-3}$ m) em um mês de 30 dias, a taxa de crescimento delas é de 1,2 nm/s.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

AMPLIANDO OS CONHECIMENTOS

Capítulo 1

MEIS, L. **O método científico**: como o saber mudou a vida do homem. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2005.

O livro, uma peça em um ato dividido em 20 cenas, conta de que modo surgiu a Ciência, descrevendo fatos importantes e temas como morte, fome, guerra, doenças, crendices etc.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos**: o passado, o presente e o futuro. 2. ed. atualizada. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica.)

O livro explora a evolução histórica da química, desde as práticas alquímicas até os avanços modernos.

Capítulo 2

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 38-44, 2004.
O texto traz o contexto histórico e os principais aspectos das teorias filosóficas que precederam a elaboração da Teoria Atômica de John Dalton.

Capítulo 3

ABDALLA, M. C. **Bohr:** o arquiteto do átomo. São Paulo: Odysseus, 2002. (Coleção Imortais da Ciência.)
A autora aborda a importância científica do desenvolvimento do modelo atômico proposto por Bohr e o impacto que ele teve na Física e na Química.

FERNANDES, L. S. Uma discussão sobre a descoberta do tecnécio à luz de alguns aspectos da natureza da Ciência. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 305-310, 2022.
No artigo, o autor perpassa aspectos importâncias da descoberta do elemento químico tecnécio, destacando esse episódio da história da ciência como um marco para o desenvolvimento da Tabela Periódica.

Capítulo 4

PIVETTA, M. Supostos supercondutores à temperatura ambiente não convencem críticos. **Revista FAPESP**, São Paulo, ed. 332, out. 2023.
A matéria apresenta pesquisas que buscam desenvolver materiais supercondutores à temperatura ambiente e discutem a falta de consenso que ainda existe entre os cientistas da área.

SACKS, O. **Tio Tungstênio:** memórias de uma infância química. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.
O autor relata lembranças de sua infância impregnada pelo contato com os metais e suas propriedades.

Capítulo 5

ATKINS, P. W. **Moléculas**. São Paulo: Edusp, 2006.
No livro são apresentadas 160 substâncias, seus modelos moleculares, suas aplicações, propriedades, ocorrências e importância no cotidiano.

SILVA, A. N.; FRÍSCIO, F. C. A química do pão de fermentação natural e as transformações na nossa relação com o preparo desse alimento. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 232-243, 2021.
O artigo apresenta diversos aspectos históricos da fabricação dos pães de fermentação natural, desde os impactos na indústria alimentícia até na nossa relação com esse processo.

Capítulo 6

SANTOS FILHO, P.; RETONDO, C. G. **Química das Sensações**. 5. ed. Campinas: Átomo, 2022.
O livro discute as diversas sensações e percepções que temos sob a ótica da Química, especialmente, pelas interações intermoleculares.

SIMAS, N. *et al*. Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue: atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenoides e fenilpropanoides. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 46-49, 2004.
O artigo apresenta as fórmulas estruturais de várias substâncias orgânicas e sua atividade larvicida sobre o *Aedes aegypti* (eficiência para matar larvas do mosquito transmissor da dengue).

Capítulo 7

BERALDO, H. Contribuições da Química Inorgânica para a Química Medicinal. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 6, p. 4-6-, 2005.
O artigo aborda algumas das contribuições da Química para a Medicina, como a descoberta de princípios ativos e o desenvolvimento de medicamentos, destacando alguns cientistas envolvidos nessas pesquisas.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 5-8, 2001.
Artigo que discute a variação da composição da atmosfera terrestre ao longo do tempo e a relação disso com o aparecimento e o desenvolvimento da vida.

Capítulo 8

MIODOWNIK, M. **Líquido**: as substâncias encantadoras e perigosas que fluem através de nossas vidas. São Paulo: Blucher, 1. ed., 2021.
Nesse livro, o autor apresenta as diversas substâncias encontradas em estado líquido no nosso cotidiano, desde sabonetes até telas de cristal líquido.

MOON, P. Poluição por metais pesados atinge vida marinha remota, mostra estudo. **Jornal da USP**, São Paulo, 16 mar. 2018.
A matéria apresenta o estudo de um brasileiro que identificou metais pesados em águas distantes da costa terrestre e que afetam a vida marinha.

Capítulo 9

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010.
Livro da bióloga e ambientalista Rachel Carson, publicado originalmente na década de 1960 e considerado um marco no que tange às obras que visam a conscientização da sociedade acerca de problemas ambientais.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1016-1020, 2004.
Artigo que discute a solubilidade de nitratos em água, com foco na termodinâmica e nas propriedades do íon nitrato.

Capítulo 10

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C. Mol: uma nova terminologia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 12-14, 1995.
O artigo apresenta expressões correlatas ao conceito de mol, cujo uso é recomendado, e outras cujo uso não é recomendado por serem ambíguas ou induzirem a erros conceituais.

Capítulo 11

GREENBERG, A. **Uma breve história da Química**: da alquimia às Ciências Moleculares modernas. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.
As seções IV e V desse livro de História da Química relatam uma série de eventos referentes às contribuições de muitos cientistas que culminaram com o desenvolvimento da teoria atômica de Dalton.

KISFALUDY, A. B. S.; QUEIRÓS, W. P. Gay-Lussac (1778-1850) e sua contribuição para o estudo dos gases. **História da Ciência e Ensino**, v. 22, p. 124-147, 2020.
O artigo apresenta, de modo geral, as bases para o desenvolvimento das teorias sobre os gases no início do século XIX.

Capítulo 12

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de *pH*: usar papel ou solução? **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 684-688, 2002.
No artigo, as autoras utilizam extratos de algumas frutas, como amora, jabuticaba e uva, para produzir indicadores de *pH* na forma de solução e papel, comparando as diferentes escalas de cores entre si.

Capítulo 13

CHASSOT, A.; VENQUIARUTO, L. D.; DALLAGO, R. M. De olho nos rótulos: compreendendo a unidade caloria. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 21, p. 10-13, 2005.
O artigo discute aspectos relacionados à leitura dos rótulos de alimentos no que diz respeito à unidade caloria.

SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O ludo como um jogo para discutir conceitos em termoquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo n. 23, p. 27-31, 2006.
O texto apresenta as regras e o material necessário para construir um jogo de tabuleiro para aprendizagem de conceitos relacionados à Termoquímica.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 14

RODRIGUES, R. S.; SILVA, R. R. A História sob o olhar da Química: as especiarias e sua importância na alimentação humana. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 84-89, 2010.
Artigo sobre a história das especiarias, sua relação com as Grandes Navegações e o seu importante papel antioxidante na conservação de alimentos.

Capítulo 15

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Variação de *pH* em Água Mineral Gaseificada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 30, p. 70-72, 2008.
O artigo apresenta uma proposta de experimento de água com e sem gás para discutir o conceito de equilíbrio químico.

SOARES, M. H. F. B.; OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, E. T. G. Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 18, p. 13-17, 2003.
O texto propõe um jogo didático em que se simula o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico utilizando isopor e caixas de papelão.

Capítulo 16

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate**. 3.ed. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica.)
O livro contém inúmeros pontos referentes à intervenção humana no meio ambiente e seus reflexos para os ecossistemas e para o próprio ser humano.

LIMA, A. C. S.; AFONSO, J. C. A química do refrigerante. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 210-215, 2009.
Artigo que fornece informações acerca da composição, da fabricação e das propriedades dos refrigerantes.

Capítulo 17

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, p. 35-39, 2000.
Os autores contextualizam historicamente a invenção da pilha elétrica, dispositivo que se mostrou de considerável utilidade ao ser humano, destacando as contribuições de Alessandro Volta e Luigi Galvani.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 15, p. 28-34, 2002.
O artigo discute a conversão de energia química em elétrica e os princípios que determinam o funcionamento de células a combustível, além de comentar sobre alguns de seus tipos.

Capítulo 18

MERCÓN, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 19, p. 11-14, 2004.
Artigo que aborda os principais aspectos dos diferentes tipos de corrosão, enfatizando que o processo ocorre não apenas em materiais metálicos, como é comum se pensar, e destaca alguns métodos de prevenção.

REZENDE, W.; LOPES, F. S.; RODRIGUES, A. S.; GUTZ, I. G. R. A efervescente reação entre dois oxidantes de uso doméstico e a sua análise química por medição de espuma. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 30, p. 66-69, 2008.
O artigo apresenta uma proposta de experimento para determinar a concentração dos componentes oxidantes de desinfetantes domésticos a partir do volume da espuma, estimulando o aprendizado dos fundamentos químicos do experimento.

Capítulo 19

OKI, M. C. M. A eletricidade e a Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 12, p. 34-37, 2000.
A autora apresenta a trajetória que levou à compreensão da eletricidade, ao seu emprego na descoberta de novos elementos químicos e à sua contribuição para maior aproximação entre Física e Química.

SANTOS, M. C. G.; PORTO, P. A.; KIOURANIS, N. M. M. Michael Faraday rumo às Leis da Eletrólise: alguns experimentos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 330-336, nov. 2020.
O artigo apresenta alguns experimentos que Michael Faraday realizou para investigar os tipos de eletricidade e a eletrólise.

Capítulo 20

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.
O texto descreve, de forma breve, a história dos agrotóxicos e as consequências do seu uso para o meio ambiente e para a saúde humana.

MURTA, M. M.; LOPES, F. A. Química pré-biótica: sobre a origem das moléculas orgânicas na Terra. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, p. 26-30, 2005.
O artigo trata da origem das moléculas orgânicas, em tempos remotos, como fenômeno precursor da origem da vida na Terra.

Capítulo 21

COELHO, F. A. S. Fármacos e quiralidade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 23-32, 2001.
O autor discute a relação entre quiralidade e atuação de fármacos com centros quirais, destacando a importância dessa característica para as respostas biológicas dos medicamentos.

HOFFMANN, R. **O mesmo e o não mesmo**. São Paulo: Editora da Unesp, 2007.
Livro que aborda diversos aspectos interessantes relacionados à Química e sua presença no cotidiano, destacando a importância dessa ciência para os seres humanos.

Capítulo 22

BRANCO, S. M. **Água**: origem, uso e preservação. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. (Coleção Polêmica.)
O livro traz aspectos relacionados à importância da água para o ser humano e para o ambiente, bem como formas de poluição que a ameaçam e formas de tratamento.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 31-40, 2001.
Entre outros assuntos ligados à importância da água, o artigo apresenta informações sobre o tratamento da água destinada ao consumo humano e sua importância na melhoria da qualidade de vida.

Capítulo 23

FARIAS, R. F. A Química do tempo: carbono-14. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 16, p. 6-8, 2002.
Nesse artigo, o autor apresenta uma visão geral sobre a técnica de datação fundamentada no isótopo-14 do carbono, destacando sua importância para pesquisas históricas, especialmente para a Arqueologia

ROSENFELD, R. **O cerne da matéria**: a aventura científica que levou à descoberta do Bóson de Higgs. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.
O autor fala sobre a importância dos aceleradores de partículas, em especial do Grande Colisor de Hádrons, localizado nas instalações da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear.

Capítulo 24

GOMES, A. V. S.; COSTA, N. R. V.; MOHALLEM, N. D. S. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 288-296, 2016.

As autoras discutem a importância e ampla utilização dos tecidos em diversas áreas da vida humana, apresentam os processos químicos da fabricação desses materiais e como a nanotecnologia tem contribuído para a produção de tecidos inteligentes.

TOMA, H. E. **Nanotecnologia molecular**: materiais e dispositivos. v. 6. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2016. (Coleção de Química Conceitual.)
Livro que apresenta muitos exemplos de aplicações da Nanotecnologia.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

ATKINS, P. W. *et al*. **Atkins' Physical Chemistry**. 12. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023.
Este livro explora os princípios fundamentais da Físico-Química.

ATKINS, P. W. *et al*. **Chemical Principles**: the quest for insight. 8. ed. New York: Freeman, 2023.
Este livro oferece uma introdução abrangente aos princípios fundamentais da Química.

BAAQUIE, B. E.; WILLEBOORDSE, F. H. **Exploring Integrated Science**. Boca Raton: CRC Press, 2010.
O livro apresenta uma abordagem integrada das Ciências da Natureza.

BAIRD, C.; CANN, M. **Environmental Chemistry**. 5. ed. Nova York: Freeman, 2012.
O livro aborda os princípios da Química Ambiental, incluindo impactos químicos e soluções para problemas ecológicos.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; GATTO JR., G. J.; STRYER, L. **Biochemistry**. 8. ed. Nova York: Freeman, 2015.
Livro de referência sobre Bioquímica, aborda processos moleculares essenciais à vida.

BERTINI, I.; GRAY, H. B.; STIEFEL, E. I.; VALENTINE, J. S. **Biological Inorganic Chemistry**: structure and reactivity. Sausalito: University Science Books, 2007.
Obra que inclui informações sobre substâncias químicas e sua relevância para a vida.

BETTELHEIM, F. A. *et al*. **Introduction to General, Organic & Biochemistry**. 10. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2013.
Este livro fornece uma introdução à Química geral, Orgânica e Bioquímica de forma integrada.

BHUSHAN, B. (ed.). **Springer handbook of nanotechnology**. 4. ed. Berlin: Springer, 2017.
Obra de referência para consulta de terminologias, conceitos e técnicas em Nanociência.

BLEI, I.; ODIAN, G. **General, Organic and Biochemistry**: connecting Chemistry to your life. 2. ed. Nova York: Freeman, 2006.
O livro traz informações e explicações sobre aspectos da Química e da Bioquímica.

BROWN, T. L. *et al*. **Chemistry**: the central science. 15. ed. Nova York: Pearson, 2022.
A obra explora conceitos fundamentais da Química, destacando sua importância e aplicação em diversas áreas científicas.

BUCHEL, K. H. *et al*. **Industrial inorganic Chemistry**. 2. ed. Weinheim: WileyVCH, 2000.
O livro aborda os princípios da Química Inorgânica aplicada à indústria.

BURDGE, J. **Chemistry**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023.
A obra apresenta os conceitos fundamentais da Química, com ênfase em aplicações práticas e resolução de problemas.

BURDGE, J.; OVERBY, J. **Chemistry**: atoms first. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024.
O livro aborda os princípios da Química, integrando teoria e aplicações práticas.

BURROWS, A. *et al*. **Chemistry**: introducing Inorganic, Organic and Physical Chemistry. Oxford: Oxford University Press, 2009.
Livro que aborda Química Orgânica, Química Inorgânica e Físico-Química de maneira interconectada.

BYLIKIN, S. *et al*. **Chemistry**. Oxford: Oxford University Press, 2014.
A obra apresenta conceitos de Química, abordando teorias, experimentos e aplicações no cotidiano.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Materials Science and Engineering**. 10. ed. Hoboken: John Wiley, 2018.
O livro explora a Engenharia de materiais, enfatizando suas propriedades e aplicações.

CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. **Biochemistry**. 8. ed. Stamford: Cengage Learning, 2015.
A obra aborda os princípios da Bioquímica, focando em processos biológicos e suas interações moleculares essenciais.

CAREY, F. A.; GIULIANO, R. M. **Organic Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2024.
O livro apresenta os princípios da Química Orgânica, com ênfase em reações, estruturas e aplicações práticas.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Chemistry**. 12. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2016.
Este livro oferece uma visão abrangente dos princípios da Química, integrando teoria, prática e aplicações em contextos variados.

COHEN, E. R. *et al*. **Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química**. (Livro Verde da IUPAC.) 1. ed. São Paulo: SBQ, 2018.
A obra apresenta as grandezas, unidades e símbolos em Físico-Química.

DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Moore's Clinically Oriented Anatomy**. 9. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2023. *E-book*.
Livro sobre aspectos anatômicos do organismo humano.

EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. **General Chemistry**. 11. ed. Boston: Cengage, 2017. p. 216.
Livro com diversas informações sobre Química geral, como estrutura da matéria e ligações químicas.

EMSLEY, J. **Nature's Building Blocks**: an A-Z guide to the elements. New edition. Oxford: Oxford University Press, 2011.
O livro apresenta diversas informações sobre elementos químicos e suas propriedades.

FAHLMAN, B. D. *et al*. **Chemistry in Context**: Applying Chemistry to Society. 9. ed. Nova York: American Chemical Society/McGraw-Hill, 2018.
Este livro explora a aplicação da Química na sociedade, destacando sua relevância em questões sociais, ambientais e tecnológicas.

FAVRE, H. A.; POWELL, W. H. **Nomenclature of Organic Chemistry**: IUPAC recommendations and preferred names 2013. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014.
Livro sobre as normatizações da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) para a nomenclatura de compostos orgânicos.

FIGOVSKY, O.; BEILIN, D. **Green nanotechnology**. Singapura: Pan Stanford Publishing, 2017.
A obra aborda a Nanotecnologia com foco em suas aplicações sustentáveis e impactos ambientais em diversas indústrias.

GAFFNEY, J. S.; MARLEY, N. A. **Chemistry of environmental systems**. Hoboken: Wiley, 2020.
O livro analisa a Química dos sistemas ambientais, abordando interações químicas e seus efeitos sobre ecossistemas e saúde pública.

GILBERT, T. R. *et al*. **Chemistry**: *the science in context*. 5. ed. Nova York: Norton, 2018.
O livro traz informações contextualizadas sobre variadas áreas da Química, integrando teoria e aplicações práticas em situações do cotidiano.

GILLI, G.; GILLI, P. **The nature of hydrogen bond**. Oxford: Oxford University Press, 2009.
O livro explora a natureza da ligação de hidrogênio, discutindo suas características, importância e aplicações em diferentes contextos.

GRABOWSKI, S. J. (ed.). **Hydrogen bonding**: new insights. Dordrecht: Springer, 2006.
A obra apresenta aspectos teóricos e experimentais sobre ligações de hidrogênio.

GRAY, T. **The elements**: A visual exploration of every known atom in the Universe. Nova York: Black Dog & Leventhal, 2009.
O livro oferece uma exploração visual dos elementos, detalhando suas propriedades.

HARRIS, D. C. **Quantitative chemical analysis**. 9. ed. Nova York: Freeman, 2016.
A obra aborda aspectos quantitativos da Química, destacando técnicas, métodos e aplicações em laboratórios e indústrias.

HEILBRON, J. L. **Physics**: a short history from quintessence to quarks. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.
A obra apresenta uma breve história da Física, explorando o desenvolvimento de conceitos desde a quintessência até os quarks.

HILL, J. W. *et al*. **Chimie des solutions**. 2. ed. Quebec: ERPI, 2008.
Livro que aborda diferentes conceitos referentes ao estudo de soluções.

INAMUDDIN; ASIRI, A. M. (ed.). **Applications of nanotechnology for green synthesis**. Cham: Springer, 2020.
Referência sobre utilização de nanomateriais em química verde.

INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades**: SI. Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.
Publicação que apresenta padrões e informações referentes ao Sistema Internacional de Unidades.

ISRAELACHVILI, J. N. **Intermolecular and surface forces**. 3. ed. Waltham: Academic Press, 2011.
O livro é uma referência para o estudo de interações intermoleculares.

IUPAC. **Periodic table of elements**. 2022. Disponível em: https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/. Acesso em: 14 out. 2024.
Tabela periódica da União Internacional de Química Pura e Aplicada, utilizada como padrão nesta obra.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

JARDIM, W. F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p. 1976-1985, 2007.
O artigo analisa as substâncias tóxicas persistentes no Brasil, abordando sua ocorrência, impactos ambientais e regulamentações.

JEFFREY, G. A. **An introduction to hydrogen bonding**. Oxford: Oxford University Press, 1997.
Livro que aborda aspectos de interações intermoleculares, especificamente a ligação de hidrogênio.

JOHNSTON, K. *et al*. Assessment of GAFF and OPLS Force Fields for Urea: Crystal and Aqueous Solution Properties. **Crystal Growth & Design**, v. 24, n. 1, 2024.
Artigo que inclui informações sobre a estrutura cristalina da ureia.

KARTY, J. M. *et al*. **Organic Chemistry**: principles and mechanisms. 2. ed. Nova York: Norton, 2018.
O livro apresenta princípios e mecanismos da Química Orgânica, explicando como as reações ocorrem.

KELLER, J.; WOTHERS, P. **Why chemical reaction happen**. Oxford: Oxford University Press, 2003.
A obra explora as razões pelas quais as reações químicas ocorrem, explicando conceitos de forma simples e direta.

KESERVANI, R. K.; SHARMA, A. K.; KESHARWANI, R. K. (ed.). **Drug delivery approaches and nanosystems**. Oakville: Apple Academic Press, 2018. 2 v.
Obra em dois volumes sobre utilização de materiais nanoestruturados para a entrega de fármacos no organismo.

KOTZ, J. C. *et al*. **Chemistry & Chemical Reactivity**. 11. ed. Stamford: Cengage, 2023.
A obra explora os fundamentos da Química e das reações químicas, apresentando conceitos de maneira acessível e ilustrativa.

KRAUSKOPF, K. B; BEISER, A. **The physical universe**. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2012.
Livro que apresenta aspectos essenciais de Química, Física, Geologia e Astronomia.

KUMAR, N.; KUMBHAT, S. **Essentials in nanoscience and nanotechnology**. Hoboken: John Wiley, 2016.
A obra apresenta os fundamentos essenciais da nanotecnologia, discutindo conceitos e aplicações inovadoras em diversas áreas.

LAUHT, J. S. **Physical Chemistry in a nutshell**; basics for engineers and scientists. Berlin: Springer, 2023.
O livro oferece uma visão concisa da Físico-Química, abordando conceitos básicos essenciais.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B. **Introdução à Química da atmosfera**: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
A obra introduz a química da atmosfera, explorando suas interações com a vida e o ambiente.

LEVINE, I. N. **Physical Chemistry**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
O livro explora os princípios da Físico-Química, abordando conceitos e aplicações.

LEVINE, I. N. **Quantum Chemistry**. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2014.
O livro aborda conceitos de Química Quântica, incluindo informações sobre a estrutura da matéria.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: da física clássica à introdução da teoria quântica. 2009. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontificia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.
A tese analisa os modelos atômicos do início do século XX, abordando a transição da Física clássica até a teoria quântica.

LOURTIOZ, J. M.; LAHMANI, M.; DUPAS-HAEBERLIN, C.; HESTO, P. (ed.). **Nanosciences and nanotechnology**: evolution or revolution? Cham: Springer, 2016.
Este livro discute a evolução e o impacto da nanotecnologia, suas inovações e potenciais transformações na sociedade.

MANAHAN, S. **Environmental Chemistry**. 10. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
A obra explora a Química Ambiental, abordando interações químicas e seus impactos nos ecossistemas e na saúde pública.

MARKERT, B.; FRÄNZLE, S.; WÜNSCHMANN, S. **Chemical evolution**: the biological system of the elements. Cham: Springer, 2015.
Livro que aborda aspectos relacionados à importância de elementos químicos para a vida.

MARTINS, C. R. *et al*. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.
Artigo que trata de aspectos da solubilidade de compostos orgânicos.

MCMURRY, J. **Organic Chemistry**. 10. ed. Houston: Openstax/Rice University, 2023.
O livro apresenta os conceitos fundamentais da Química Orgânica, enfatizando reações, estruturas e aplicações.

MELZER, E. E. A.; AIRES, J. A. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia**: Revista de Educação em Ciências e Matemática, Belém, v. 11, n. 22, p. 6277, jan.-jun. 2015.
O artigo explora a evolução da teoria atômica, traçando o desenvolvimento de ideias desde Dalton até Bohr e suas implicações.

MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. **Living in the environment**. 19. ed. Boston: Cengage, 2018.
A obra aborda a interação entre seres humanos e o ambiente, discutindo questões ambientais e soluções sustentáveis.

MOORE, J. W.; STANITSKI; C. L. **Chemistry**: the molecular science. 5. ed. Stamford: Cengage, 2015.
O livro explora a Química como ciência molecular, integrando conceitos fundamentais com exemplos práticos e aplicações em diversas áreas.

MORTIMER, R. G. **Physical Chemistry**. 3. ed. Burlington: Elsevier, 2008.
A obra aborda os princípios da Físico-Química, detalhando teorias e aplicações.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 8. ed. Nova York: Freeman, 2021.
O livro é fonte de informações e análises sobre Bioquímica, ajudando a relacionar aspectos de Química e de Biologia.

NEWMAN, J.; THOMAS-ALYEA, K. E. **Electrochemical systems**. 3. ed. Hoboken: John Wiley, 2004.
A obra explora os sistemas eletroquímicos, abordando princípios, teorias e aplicações em contextos práticos.

OGRIS, M.; SAMI, H. (ed.). **Nanotechnology for nucleic acid delivery**: methods and protocols. 2. ed. Nova York: Springer, 2019.
Este livro reúne métodos e protocolos para a entrega de ácidos nucleicos no organismo utilizando nanotecnologia.

OHTSUKA, T.; NISHIKATA, A.; SAKAIRI, M.; FUSHIMI, K. **Electrochemistry for corrosion fundamentals**. Singapura: Springer, 2018.
Livro com informações sobre corrosão de metais e sua prevenção.

OVERBY, J.; CHANG, R. **Chemistry**. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2022.
O livro oferece uma introdução abrangente à Química, integrando teoria e prática com exemplos e aplicações em diversos contextos.

OZEROV, R. P.; VOROBYEV, A. A. **Physics for chemists**. Oxford: Elsevier, 2007.
A obra apresenta conceitos de Física relevantes para a Química, integrando teoria e aplicações práticas.

PATRICK, G. **An Introduction to Medicinal Chemistry**. 7. ed. Oxford: Oxford University Press, 2023.
O livro fornece uma introdução à Química Medicinal, explorando princípios, técnicas e desenvolvimento de medicamentos.

PAULING, L. **The nature of chemical bonding**. Ithaca: Cornell University Press, 1960.
Livro de interesse histórico sobre ligações químicas, apresentando resultados experimentais e suas implicações.

PETRUCCI, R. H. *et al*. **General Chemistry**. 11. ed. Toronto: Pearson, 2017.
A obra apresenta os fundamentos da Química geral, explicando conceitos e reações químicas.

PFENNIG, B. W. **Principles of inorganic Chemistry**. Hoboken: Wiley, 2015.
O livro explora os princípios da Química Inorgânica, abordando teorias, propriedades e aplicações.

QUADBECK-SEEGER, H. J. **World of the elements**. *Elements of the World*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007.
Livro com informações sobre elementos químicos, suas propriedades e aplicações.

RAMDANI, N. **Nanotechnology in aerospace and structural mechanics**. Hershey: IGI Global, 2019.
A obra aborda aplicações avançadas da nanotecnologia em áreas da Engenharia.

RAMSDEN, J. J. **Nanotechnology**: an introduction. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2016.
Referência sobre aspectos gerais da nanotecnologia e dos nanomateriais.

RAYNER-CANHAM, G.; OVERTON, T. **Descriptive inorganic chemistry**. 6. ed. Nova York: Freeman, 2014.
A obra explora a Química Inorgânica descritiva, destacando as propriedades e comportamentos dos elementos e compostos.

RAZA, H. **Freshman lectures on nanotechnology**. Cham: Springer, 2019.
Livro que, além de uma visão geral da nanotecnologia, aborda nanoeletrônica, nanofabricação e nanocaracterização.

REHDER, D. **Chemistry in space**: from interstellar matter to the origin of life. Weinheim: John Wiley, 2010.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Livro que contém informações sobre geração de elementos químicos por fusão nuclear nas estrelas e em explosões estelares.

ROBINSON, J. K.; MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. **Chemistry**. 8. ed. Hoboken: Pearson, 2020.
A obra apresenta os fundamentos da Química, combinando teoria e exemplos práticos.

RONAN, C. A. **História ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge**. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. 4 v.
A obra oferece uma visão abrangente da história da Ciência, cobrindo avanços científicos em diversos períodos.

ROY, S.; GHOSH, C. K.; SARKAR, C. K. (ed.) **Nanotechnology**: syntesis to applications. Boca Raton: CRC Press, 2018.
O livro aborda a nanotecnologia, desde a síntese até suas diversas aplicações, destacando avanços e inovações na área.

RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023.
Este manual abrangente compila dados essenciais de Química e Física, servindo como referência para profissionais das áreas.

RUTHERFORD, E. The scattering of α and β Particles by matter and the structure of the atom. **Philosophical Magazine**, Abingdon, serie 6, v. 21, p. 669-688, 1911.
Artigo que aborda como o espalhamento de partículas α e β foi interpretado por Rutherford.

RYAN, S. G.; NORTON, A. J. **Stellar evolution and nucleosynthesis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
A obra explora a evolução estelar e a nucleossíntese, explicando como as estrelas se formam, evoluem e produzem elementos químicos.

SANDERS, W. C. **Basic principles of nanotechnology**. Boca Raton: CRC Press, 2019.
Livro introdutório a aspectos moleculares em nanotecnologia.

SHARON, M. (ed.) **History of nanotechnology**: from prehistoric to modern times. Hoboken: John Wiley, 2019.
Livro que fornece um panorama histórico da nanotecnologia.

SHAVIV, G. **The Synthesis of the elements**: the astrophysical quest for nucleosynthesis and what it can tell us about the universe. Heidelberg: Springer, 2012.
O livro aborda a síntese dos elementos químicos no universo, explorando processos astrofísicos e suas implicações para a compreensão da origem e evolução cósmica.

SHIPMAN, J. T. *et al*. **An introduction to Physical Sciences**. 13. ed. Boston: Brooks/Cole, 2013.
A obra oferece uma introdução às ciências físicas, abordando conceitos fundamentais de Física, Química, Astronomia e Geologia.

SHRIVER, D. *et al*. **Inorganic Chemistry**. 6. ed. Nova York: Freeman, 2014.
O livro é uma referência para o estudo de Química Inorgânica, abordando teorias, estruturas e reações de compostos inorgânicos.

SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. **Chemistry**: the molecular nature of matter and change. 8. ed. Nova York: McGrawHill, 2018.
A obra apresenta a Química com foco na natureza molecular da matéria, explicando mudanças químicas e suas aplicações.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1016-1020, 2004.
O artigo investiga a solubilidade dos nitratos, explicando os fatores químicos que determinam essa característica em diversas substâncias.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C.; MACHADO, P. F. L. **Introdução à Química experimental**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.
Obra de referência para procedimentos laboratoriais, como o preparo de soluções e os cuidados envolvidos.

SKOOG, D. A. **Fundamentals of analytical Chemistry**. 10. ed. Belmont: Cengage, 2022.
A obra apresenta os fundamentos da Química Analítica, explorando a análise de substâncias, aspectos da concentração de soluções e o estudo de equilíbrios iônicos.

SMITH, J. G. **Organic Chemistry**. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2017.
O livro aborda os princípios da Química Orgânica, explicando reações, estruturas e mecanismos.

SMITH, J. G. **Principles of General, Organic, & Biological Chemistry**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2023.
A obra aborda os princípios de Química Geral, Orgânica e Biológica, oferecendo uma visão integrada das três áreas.

SOLOMONS, T. W. G. *et al*. **Organic Chemistry**. 12. ed. Hoboken: Wiley, 2016.
O livro explora a Química Orgânica, abordando estruturas, reações e mecanismos, incluindo aspectos sobre isomeria.

STWERTKA, A. **A guide to the elements**. 2. ed. Nova York: Oxford University Press, 2002.
A obra oferece uma introdução aos elementos químicos, explorando suas propriedades e características.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic Chemistry**: chemical equilibria and rates in natural waters. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1996.
O livro explora a Química no meio aquático, abordando diversos exemplos de oxirredução em ambientes naturais.

TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. **Eletroquímica**: princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.
A obra explora os princípios e aplicações da Eletroquímica, incluindo células a combustível e aplicações práticas da eletrólise.

TIMBERLAKE, K. **General, Organic, and Biological Chemistry**: structures of life. 6. ed. Harlow: Pearson, 2021.
O livro aborda fundamentos de Química Geral e Orgânica, contextualizando-as com aspectos inerentes aos seres vivos.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Modern Physics**. 6. ed. Nova York: Freeman, 2012.
O livro apresenta os conceitos fundamentais da Física Moderna, incluindo decaimentos nucleares e processos de fissão e fusão nuclear.

TOMA, H. E. **Nanotecnologia molecular**: materiais e dispositivos. São Paulo: Blucher, 2016.
A obra explora a nanotecnologia molecular, abordando materiais e dispositivos, com ênfase em aplicações práticas e avanços na área.

TOMA, H. E.; DA SILVA, D. G.; ULISSES, C. **Nanotecnologia experimental**. São Paulo: Blucher, 2016.
A obra discute nanotecnologia, enfatizando técnicas e métodos utilizados no desenvolvimento de materiais e dispositivos nanoscópicos.

TRO, N. J. **Introductory Chemistry**. *7*. ed. Harlow: Pearson, 2024.
O livro apresenta os conceitos básicos da Química, oferecendo uma introdução acessível e abrangente.

VOET, D. *et al*. **Fundamentals of Biochemistry**: life at the molecular level. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2016.
Livro que explora temas fundamentais de Bioquímica, como estrutura de biomoléculas à luz de conceitos da Química Orgânica.

VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. **Organic Chemistry**: structure and function. 8. ed. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2018.
A obra explora a Química Orgânica, focando nas estruturas e funções dos compostos, com explicações detalhadas e exemplos práticos.

WALKER, J. Halliday & Resnick. **Fundamentals of Physics**. 12. ed. Hoboken: John Wiley, 2022.
O livro oferece uma abordagem abrangente dos princípios fundamentais da Física, incluindo modelos atômicos.

WHITTEN, K. W. *et al*. **Chemistry**. 10. ed. Belmont: Brooks/ Cole, 2014.
A obra aborda os princípios essenciais da Química, apresentando conceitos, teorias e aplicações.

WILLIAMS, R. J. P.; SILVA, J. J. R. F. **The natural selection of the chemical elements**. Oxford: Oxford University Press, 1997.
O livro explora os elementos químicos na natureza, discutindo sua abundância e distribuição no Universo.

WILLOCK, D. J. **Molecular symmetry**. Chichester: Wiley, 2009.
A obra examina a simetria molecular, abordando conceitos fundamentais para compreender a geometria e a polaridade de moléculas.

WRIGHT, M. R. **An Introduction to Chemical Kinetics**. Chichester: Wiley, 2004.
Livro sobre Cinética Química, apresenta teorias, métodos experimentais e aplicações práticas para entender a rapidez de reações químicas.

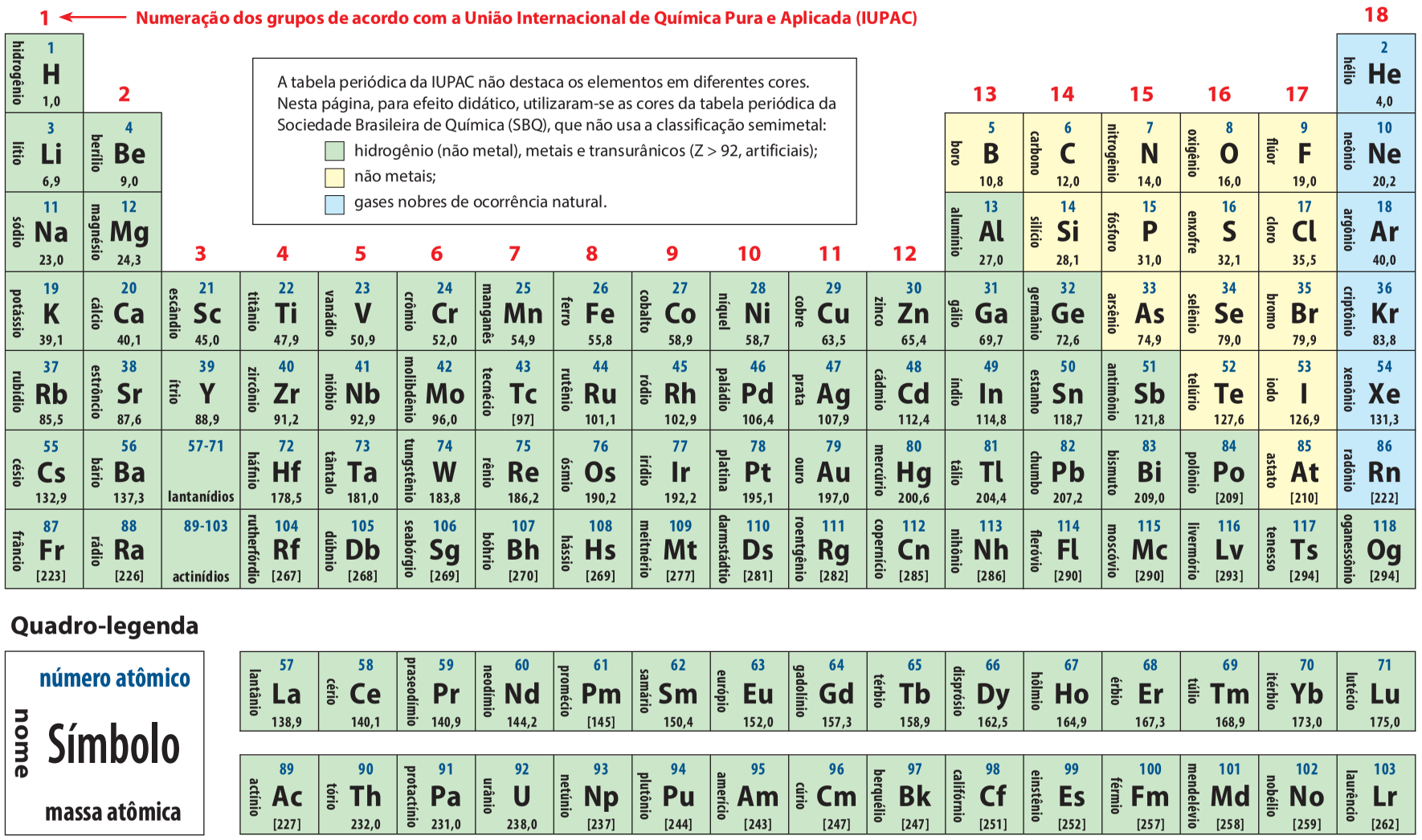
YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **University Physics**. 15. ed. Harlow: Pearson, 2020.
A obra aborda conceitos fundamentais da Física, integrando teoria e prática por meio de exemplos e problemas resolvidos.

ZUMDAHL, S. S. *et al*. **Chemistry**. 10. ed. Boston: Cengage, 2018.
O material apresenta os fundamentos da Química, integrando teoria e prática em contextos do cotidiano e aplicações científicas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Tabela periódica dos elementos (IUPAC)

(com massas atômicas expressas em unidade unificada de massa atômica, referenciada no isótopo 12 do elemento químico carbono)



Quadro-legenda

número atômico
nome **Símbolo**
massa atômica

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Tabela periódica da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), com as massas atômicas aqui apresentadas com um algarismo após a vírgula. Para elementos que não apresentam isótopos estáveis, é mostrado, entre colchetes, o número de massa do isótopo menos instável. Disponível em: https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/. Acesso em 11 out. 2024. Nesse endereço da internet, atualizações são periodicamente disponibilizadas.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SUPLEMENTO PARA O PROFESSOR

Prezado professor,

Neste *Suplemento para o professor* apresentamos esta coleção, estruturada em três volumes, correspondente aos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, destinada ao Ensino Médio. A amplitude dos assuntos tratados na obra procura contemplar os conteúdos tradicionalmente trabalhados pelos professores, relacionando-os às competências e às habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O objetivo é que as escolas e os professores possam utilizar os volumes de cada um dos componentes curriculares de acordo com seu projeto pedagógico, carga horária disponível e recursos da escola, de forma a atender às exigências da BNCC. Os temas tratados procuram envolver os estudantes na aventura do conhecimento e capacitá-los a entender e a discutir os alcances e as limitações do empreendimento científico. Nosso projeto visa desenvolver competências e habilidades relacionadas às Ciências da Natureza que os estudantes possam aplicar, analisar e reconhecer no papel de cidadãos.

Esperamos que esta coleção possa ajudar os docentes no grande desafio da aprendizagem.

Os Autores.

SUMÁRIO

ORIENTAÇÕES GERAIS DA COLEÇÃO MP003
Pressupostos teórico-metodológicos MP003
O ensino por competências e habilidades MP003
Culturas juvenis e a sala de aula MP007
Cuidados com estudantes com deficiência MP007
Possibilidades no ensino de Ciências da Natureza MP007
Atividades práticas MP007
Estratégias de estudo MP008
Organização de sala de aula MP008
Juventude e mundo do trabalho MP009
Educação midiática MP009
Argumentação e leitura inferencial MP009
Pensamento computacional MP009
Avaliações MP010
Sugestões para uso da obra MP011
Possíveis cronogramas MP011
Seções e boxes MP012

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS DESTE VOLUME MP013
Componente curricular Química MP013

UNIDADE 1 **Elementos, substâncias e interações** MP017
Capítulo 1 Conceitos introdutórios à Química MP017
Capítulo 2 Elementos químicos e substâncias químicas MP021
Capítulo 3 Modelos atômicos e tabela periódica MP024
Capítulo 4 Ligações químicas interatômicas MP028
Capítulo 5 Fundamentos dos compostos orgânicos MP031
Capítulo 6 Geometria molecular e interações intermoleculares MP034
Capítulo 7 Compostos inorgânicos MP038
Capítulo 8 Soluções aquosas MP041

UNIDADE 2 **Transformações químicas e aspectos quantitativos** MP044
Capítulo 9 Solubilidade e precipitação MP044
Capítulo 10 Quantidade de matéria e mol MP047
Capítulo 11 Proporção nas reações químicas: estequiometria MP050
Capítulo 12 Quantificação de espécies em solução MP053
Capítulo 13 Termoquímica, petróleo e combustíveis MP055
Capítulo 14 Cinética química MP061
Capítulo 15 Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico MP064
Capítulo 16 Acidez e basicidade de soluções aquosas MP067

UNIDADE 3 **Outros contextos de aplicação da Química** MP070
Capítulo 17 Pilhas e baterias (celas galvânicas) MP070
Capítulo 18 Oxidantes e redutores MP072
Capítulo 19 Eletrólise MP075
Capítulo 20 Classes funcionais orgânicas MP077
Capítulo 21 Isomeria MP081
Capítulo 22 Biomoléculas MP085
Capítulo 23 Radioatividade e origem dos elementos químicos MP088
Capítulo 24 Nanotecnologia MP092

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS MP094
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES COMENTADAS MP096

ORIENTAÇÕES GERAIS DA COLEÇÃO

Os livros que compõem esta coleção, idealizados como instrumentos de apoio didático a professores e estudantes, têm por objetivo trazer informações e princípios relevantes sobre diversos temas relativos aos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A obra é composta de 3 volumes destinados aos componentes de Ciências da Natureza do Ensino Médio: Biologia, Física e Química. Cada volume é composto de 24 capítulos, divididos em 3 unidades com 8 capítulos cada. Em seu conjunto, os volumes mobilizam todas as competências gerais, as competências específicas e as habilidades da área presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Nosso projeto visa desenvolver competências e habilidades relacionadas às Ciências da Natureza e explorar articulações entre os componentes curriculares desta área do conhecimento, de modo a proporcionar uma formação integral e crítica aos estudantes preparando-os para o exercício da cidadania com autonomia. Esperamos que esta coleção possa ajudá-lo nesse grande desafio.

Pressupostos teórico-metodológicos

Em consonância com a proposta da BNCC, a coleção adotou abordagens e estratégias variadas, tornando-as mais significativas e aproximando o ensino de Ciências da Natureza das realidades e experiências dos estudantes. Para tornar esse ensino mais atrativo para as diferentes culturas juvenis é preciso superar a ideia de que os conteúdos se resumem a nomes, fórmulas e processos desvinculados da realidade cotidiana. É importante ressignificar o papel da Ciência na vida das pessoas, destacar as evidências de como ela pode ajudar a explicar situações da vida prática e levar os estudantes a perceberem que o conhecimento científico auxilia a tomar decisões que impactam a sociedade e a desenharem cenários futuros.

A contribuição para o letramento científico deve ser um compromisso assumido desde os anos iniciais do ensino de Ciências, permitindo a compreensão de conceitos científicos e capacitando os estudantes a aplicar esses conceitos e pensar sob uma perspectiva científica. Isso é feito abordando temas que se destacam no cotidiano dos estudantes, como mudanças climáticas, combate a *fake news*, desconstrução de argumentos pseudocientíficos, aplicação de conhecimentos e procedimentos científicos no mundo do trabalho, entre outros. Diversos temas abordados se enquadram em temas contemporâneos transversais (TCT), abordagem que se justifica pela necessidade de que os estudantes, além de compreender e aplicar os conhecimentos científicos entendam como tais conhecimentos são construídos, o que contribui para a desmistificação da Ciência e sua aproximação com a sociedade.

O letramento científico envolve o ensino por investigação, mobilizando algumas competências gerais da BNCC. Esse letramento envolve acesso a diferentes mídias, trabalhando diferentes aspectos da educação midiática e da competência leitora, associada à compreensão de inferências e linguagens, para interpretar informações e elaborar argumentos sob uma perspectiva científica.

Ao favorecer o letramento em Ciências, esta coleção também se dispõe a promover e a valorizar o conhecimento científico, já enraizado na cultura contemporânea, associando-o ao respeito aos direitos humanos e ao ambiente, à diversidade cultural, à aprendizagem multidisciplinar e interdisciplinar e ao domínio de novas tecnologias.

O ensino por competências e habilidades

De acordo com a BNCC:

> Ao longo da Educação Básica, as aprendizagens essenciais definidas na BNCC devem concorrer para assegurar aos estudantes o desenvolvimento de dez competências gerais, que consubstanciam, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento.
>
> Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

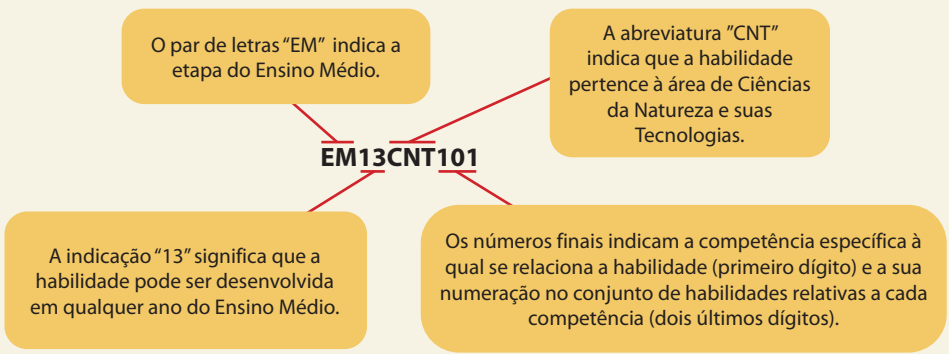
Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. p. 8.

Competências gerais da BNCC

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. p. 10.

Além das competências gerais, a BNCC também define competências específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Elas visam integrar os componentes curriculares Biologia, Física e Química e visões teórico-metodológicas na abordagem da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). A cada uma das três competências específicas da área para o Ensino Médio estão associadas habilidades, que permitem identificar melhor os conhecimentos dos componentes curriculares e a integração proposta para a área, possibilitando diferentes arranjos. A seleção dos assuntos tratados na obra procura contemplar os conteúdos tradicionalmente trabalhados pelos professores, relacionando-os às competências e às habilidades. As habilidades estão codificadas da seguinte forma:



Competência específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Habilidades da competência específica 1:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

Competência específica 2: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

Habilidades da competência específica 2:

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Competência específica 3: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades da competência específica 3:

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. p. 553-560.

É importante destacar que a mobilização de competências e habilidades é um dos objetivos da BNCC, que pode ser alcançado de diversas formas. A obra fornece sugestões e metodologias para isso, mas ela também pode ser utilizada como base para atividades planejadas pelo corpo docente da escola, envolvendo elementos diversos do currículo escolar para, por exemplo, envolver aspectos de territorialidade ou diferentes culturas juvenis. Essa escolha fica a cargo do corpo pedagógico da escola.

Outros aspectos interessantes já presentes nas competências do Ensino Fundamental e reforçados na etapa do Ensino Médio referem-se às possibilidades de interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento.

A integração entre Ciências da Natureza e outras áreas do conhecimento aparece em diversificadas atividades, como interpretação de gráficos e tabelas, interpretação e inferência de textos, análise de impactos sociais de alterações ambientais e do desenvolvimento de novas tecnologias. Organizar reuniões temáticas periódicas com professores de outros componentes curriculares pode ajudar a ressaltar essas interações e explorá-las de maneira mais eficiente em sala de aula. Em todos os volumes há temas relevantes que permitem essas interações.

Culturas juvenis e a sala de aula

Considerando as diversidades regionais e locais, bem como a pluralidade de interesses dos jovens, é importante conhecer os variados interesses dos jovens que convivem na escola. Isso envolve preferências sobre modalidades esportivas; estilos musicais, artísticos e culturais e eventos frequentados pelos estudantes, entre outros aspectos. Verificar essas preferências dos estudantes permite contextualizar diferentes temas, bem como relacioná-los à realidade local, o que facilita o engajamento estudantil e tende a melhorar o aproveitamento dos estudantes em sala de aula.

É possível definir as culturas juvenis como modos de vida específicos e práticas habituais dos jovens, que expressam certos significados e valores tanto no âmbito das instituições quanto no âmbito da vida cotidiana. Entender, por exemplo, como os jovens locais veem os efeitos das mudanças climáticas ajuda a desenvolver temas de Ciências da Natureza, bem como a solicitar apresentações ou propor atividades práticas que permitam conhecer diferentes pontos de vista, integrando competências e habilidades da BNCC, o currículo escolar e o projeto de vida dos estudantes.

Uma possível forma de relacionar culturas juvenis e Ciências da Natureza é incentivar os estudantes a incorporarem temas e debates da área em suas formas de expressão, seja por fanzines, músicas, esculturas etc. Temas como a participação de mulheres no desenvolvimento científico ou a valorização de pesquisadoras e pesquisadores afrodescendentes podem ser trabalhados de diversas formas, dando vazão às expressões culturais dos estudantes. Dessa forma, valoriza-se um tema central, permitindo que ele seja explorado de diferentes formas.

Cuidados com estudantes com deficiência

De acordo com a lei 13.146/2015:

> Art. 2º Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.

Fonte: BRASIL. Senado Federal. **Estatuto da Pessoa com Deficiência**. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2019. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/554329/estatuto_da_pessoa_com_deficiencia_3ed.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

Considerando princípios éticos, a noção de cidadania e a Constituição, é importante e necessário propiciar a pessoas com deficiência pleno acesso ao estudo.

É importante levantar aspectos individuais dos estudantes para selecionar estratégias adequadas, cuidando que sejam inclusivas e integrem um estudante em particular ao restante da turma, que também pode aprender com isso.

Considerando estudantes com deficiências visuais, por exemplo, podem ser utilizadas estratégias que mobilizem a maior quantidade possível das distintas modalidades perceptivas, como a estimulação tátil, auditiva e verbal, que auxiliam na formação de imagens mentais.

Estudantes com deficiências auditivas podem ser auxiliados pelo uso de intérpretes da Língua Brasileira de Sinais (Libras), que atende a diversos critérios linguísticos necessários, seja no léxico ou na sintaxe, e é capaz de gerar grande diversidade de sentenças. Entretanto, há cuidados a serem tomados: de forma geral, a educação científica dos tradutores e intérpretes de Libras é generalista, o que pode levar a dificuldades na construção de sinais-termos. Assim, a relação construtiva entre docentes de Ciências da Natureza e tradutores/intérpretes é importante para criar estratégias de tradução e interpretação adequadas.

Além de deficiências físicas, sensoriais e intelectuais visíveis também é importante considerar deficiências não visíveis, como Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), dislexia e Transtorno do Espectro Autista (TEA). Essas condições podem afetar a aprendizagem e/ou a participação em sala de aula e nem sempre são percebidas de imediato. Estudantes com TDAH, por exemplo, podem ter dificuldades em manter o foco por longos períodos e requerem estratégias que incluam pausas, estímulos visuais e auditivos, além de atividades que permitam sua movimentação e engajamento ativo. Por sua vez, a dislexia pode comprometer o desenvolvimento da leitura e da escrita, necessitando que o professor ofereça materiais acessíveis, como textos com tipografias adequadas, e o uso de recursos multimodais, como vídeos e áudios.

É importante que o ambiente em sala de aula seja acolhedor e respeitoso, para que todos aprendam não apenas conteúdos específicos de Ciências da Natureza, mas formas de expressão, linguagens e a utilização de materiais que mobilizem competências gerais da BNCC, especialmente a 9 e a 10.

Possibilidades no ensino de Ciências da Natureza

Atividades práticas

A educação formal é essencial para que os estudantes tenham acesso às múltiplas leituras possíveis do que se convenciona denominar "realidade" e para que eles possam explicar os fenômenos naturais com base nos princípios norteadores do saber científico, analisando-os de maneira crítica. De acordo com o relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) de 2017, para que uma pessoa consiga discutir criticamente questões científicas e tecnológicas

ela precisa desenvolver três competências básicas, utilizadas no documento como base do letramento científico:

> A primeira é a capacidade de fornecer explicações para fenômenos naturais, artefatos técnicos e tecnologias e suas implicações para a sociedade. Tal capacidade requer um conhecimento das principais ideias explicativas da Ciência e das questões que emolduram a prática e os objetivos da Ciência. A segunda é a competência para usar um conhecimento e compreender a investigação científica para: identificar questões que podem ser respondidas por investigação científica; identificar se os procedimentos adequados foram utilizados e propor maneiras de eventualmente abordar tais questões. A terceira é a competência para interpretar e avaliar dados e evidências cientificamente e avaliar se as conclusões são justificadas.
>
> **Fonte:** OECD. Education at a Glance 2017: OECD Indicators. **OECD Publishing**, Paris, 12 set. 2017. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2017_eag-2017-en. Acesso em: 13 set. 2024. (Tradução dos autores).

A coleção mostra que o conhecimento científico é estabelecido, entre outros aspectos, com base em experimentos e observações, estando permanentemente sujeito a revisões e aprimoramentos. No tocante à realização de atividades práticas, é importante considerar princípios de segurança e alertar os estudantes para evitar que corram riscos ou que realizem procedimentos perigosos ou inadequados (como o descarte de materiais perigosos em uma pia comum, por exemplo). Esses cuidados envolvem, além de estudantes e professores, outros colaboradores da escola. As atividades em que há esse tipo de risco apresentam alertas para os cuidados a serem tomados.

Estratégias de estudo

Estratégias de estudo compreendem técnicas ou processos que ajudam a aprender de forma eficiente, permitindo a compreensão e a aplicação de conhecimentos em novos contextos. Elas envolvem desde procedimentos simples até outros mais complexos. Entre as estratégias que podem ser indicadas aos estudantes, é possível citar:

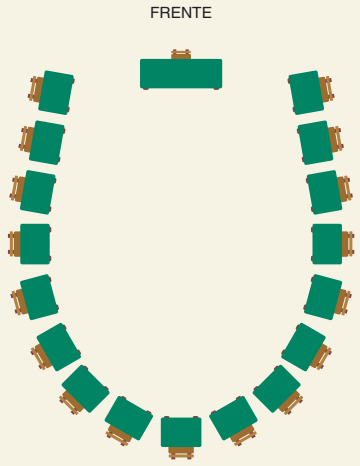
- Elaboração: explicar e descrever ideias detalhadamente;
- Prática de elaboração: escrever e/ou desenhar para relembrar o que aprendeu;
- Prática distribuída: distribuir o estudo no tempo;
- Dupla codificação: combinar palavras e imagens.

É importante oferecer diversas estratégias aos estudantes, de forma que eles possam escolher aquelas que mais se adequem a seus perfis ou utilizem várias, que podem ser intercaladas conforme a conveniência.

Organização de sala de aula

Existem diversas práticas pedagógicas, algumas delas voltadas para favorecer o protagonismo dos estudantes em atividades específicas. A organização tradicional da sala de aula, com as carteiras enfileiradas em linhas, pode ser alterada para a realização de atividades que envolvem debates e trocas de informações. Sendo assim, pode-se organizar a sala de aula de diferentes formas.

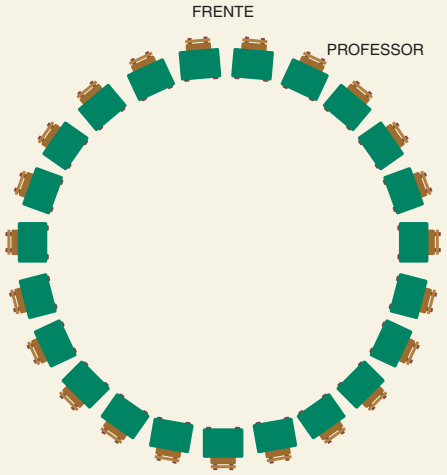
A disposição das cadeiras em U, por exemplo, facilita a interação dos estudantes com o professor:



FÓRMULA PRODUÇÕES/ARQUIVO DA DEDITORA

Fonte: EDUCAETHOS. **7 formas de organização do ambiente da sala de aula. Blog EducaEthos**, nov. 2019. Disponível em: https://educaethos.com.br/organizacao-da-sala-de-aula/. Acesso em: 13 set. 2024.

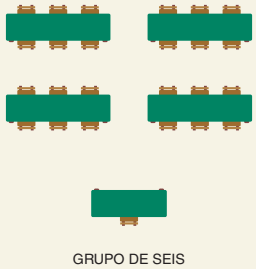
A organização em círculo facilita a interação entre os estudantes, mantendo o professor como mediador da aprendizagem:



FÓRMULA PRODUÇÕES/ARQUIVO DA DEDITORA

Fonte: EDUCAETHOS. **7 formas de organização do ambiente da sala de aula. Blog EducaEthos**, nov. 2019. Disponível em: https://educaethos.com.br/organizacao-da-sala-de-aula/. Acesso em: 13 set. 2024.

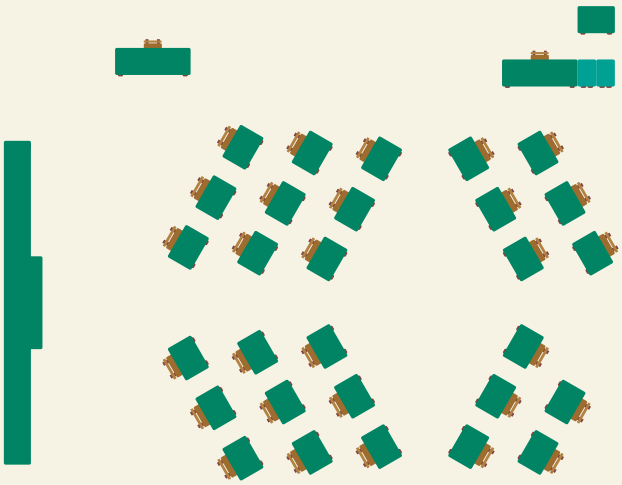
A organização em grupos possibilita que o professor mantenha um olhar pleno da sala enquanto os estudantes interagem. Além disso, permite que ele caminhe entre os grupos, atendendo cada um de forma particular:



FÓRMULA PRODUÇÕES/ ARQUIVO DA DEDITORA

Fonte: EDUCAETHOS. **7 formas de organização do ambiente da sala de aula. Blog EducaEthos**, nov. 2019. Disponível em: https://educaethos.com.br/organizacao-da-sala-de-aula/. Acesso em: 13 set. 2024.

As carteiras voltadas para o centro da sala possibilitam ao professor acompanhar a atividade com menos interferência:



FÓRMULA PRODUÇÕES/ARQUIVO DA DEDITORA

Fonte: EDUCAETHOS. **7 formas de organização do ambiente da sala de aula**. **Blog EducaEthos**, nov. 2019. Disponível em: https://educaethos.com.br/organizacao-da-sala-de-aula/. Acesso em: 13 set. 2024.

Juventude e mundo do trabalho

Uma questão geralmente presente no projeto de vida dos estudantes é a atuação profissional. Embora a formação estudantil não se volte exclusivamente à atuação a ação profissional, as relações entre temas estudados e o mundo do trabalho traz questões éticas envolvidas nas Ciências da Natureza.

Uma forma de mostrar a importância dos estudos básicos é realizar visitas a indústrias, estações de tratamento de água, universidades etc. Essa também é uma forma de estimular o interesse dos estudantes em relação a contextos locais, contribuindo com a diminuição da evasão escolar.

Educação midiática

Os estudantes da faixa etária do Ensino Médio geralmente participam de redes sociais não apenas por lazer, mas também como forma de expressão pessoal. Pesquisa realizada em 2023 pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação indica que, entre pessoas de 9 a 17 anos, 95% são usuários de internet, utilizando principalmente o celular como forma de acesso. Há diferenças na quantidade e na qualidade desse acesso, mas, de forma geral, o jovem brasileiro tem acesso às diferentes mídias disponíveis na internet, bem como oportunidade de produzi-las.

Mídias são veículos para debates e obtenção de informações sobre diversos temas atuais, como mudanças climáticas, eficiência de vacinas, segurança no trânsito, desenvolvimento científico e diversos outros.

O desenvolvimento da educação midiática, que pode ser entendido como um conjunto de habilidades para acessar, analisar, criar e participar de maneira crítica do ambiente informacional e midiático em todos os seus formatos (dos impressos aos digitais), ajudando os estudantes tanto a utilizarem e ressignificarem o que foi estudado como a desenvolverem competências gerais da BNCC, especialmente a competência geral 5.

Argumentação e leitura inferencial

Estratégias diversificadas são essenciais no ensino de Ciências. Uma dessas estratégias é o ensino por investigação, com a utilização de processos comuns ao fazer científico. Atividades de investigação proporcionam aos estudantes a aquisição de novos conhecimentos, levando-os a pensar de maneira lógica sobre os fatos cotidianos e resolução de problemas práticos; em muitos casos, essas atividades envolvem a leitura e a interpretação de textos. Além de aproximar os estudantes do pensamento científico, tais atividades trazem diversos benefícios ao processo de ensino-aprendizagem, tais como a valorização da experiência cotidiana, o estímulo à análise e à interpretação de textos, além do desenvolvimento de competências de investigação e compreensão.

Os processos que envolvem análise, avaliação e construção de argumentos estão vinculados à linguagem científica. De acordo com Kelly (2008), além de permitir avaliar os processos de construção do conhecimento, a argumentação está vinculada à própria linguagem científica. A argumentação está presente no debate de pontos de vista distintos, desde a compreensão de enunciados, a avaliação de problemas e a comunicação de ideias, entre outras atividades que integram o processo de ensino e aprendizagem em Ciências.

Esta coleção inclui diversas atividades compatíveis com a proposta da BNCC de desenvolver a capacidade inferencial, que associa conhecimentos prévios às novas informações apresentadas. A interpretação de textos e a leitura inferencial são necessárias para a formulação de argumentos que embasam diferentes pontos de vista sobre temas científicos. Entre as atividades que atendem a tal perspectiva estão a análise de textos, o debate de pontos de vista distintos, a compreensão de enunciados, a avaliação de problemas, a pesquisa por informações de variados temas e a comunicação de ideias.

As propostas baseadas nessas abordagens favorecem o desenvolvimento da habilidade de estabelecer associações apropriadas, possibilitando identificar em um texto incoerências entre ideias previamente construídas, generalizações indevidas, desvios do assunto principal ou a utilização de argumentos evasivos, que permitem inferir a falta de consenso entre as ideias ou a fragilidade argumentativa. Esses aspectos possibilitam pontos de integração entre a área de Ciências da Natureza e a de Linguagens.

Pensamento computacional

O pensamento computacional pode ser entendido como um conjunto de técnicas que utiliza conceitos oriundos de ciência da computação para solucionar problemas. Essas técnicas não requerem necessariamente a utilização de computadores. O pensamento computacional refere-se a um processo cognitivo, a uma forma de analisar e resolver problemas – com capacidade crítica, criativa e estratégica – e que pode ser empregada nas mais diversas áreas de conhecimento com a finalidade de solucionar situações propostas, de maneira individual ou colaborativa. Nas últimas décadas o pensamento computacional vem sendo objeto de ampla atenção em várias partes do mundo. Em certos países, habilidades relacionadas a esse tipo de prática passaram a ser consideradas essenciais.

A implementação de estratégias de pensamento computacional no currículo escolar permite estimular a criatividade e a capacidade de definir e resolver problemas que envolvam o reconhe-

cimento de padrões, a divisão do todo em partes de solução mais simples, a automação de rotinas e a tomada de decisões dentro de cenários possíveis. Essa necessidade de implementação levou ao surgimento de projetos destinados a aplicar atividades de pensamento computacional nas escolas de Ensino Fundamental e Médio. Recentemente, o ensino do pensamento computacional foi incluído na BNCC.

No pensamento computacional, a maneira de abordar uma situação-problema envolve algumas ideias básicas. Uma delas, a decomposição, caracteriza-se pela partição de um problema complexo em partes menores e mais simples de resolver, ideia vinculada à capacidade de análise. Outra ideia é o reconhecimento de padrões, que consiste na identificação de similaridades em diferentes processos para solucioná-los de maneira mais eficiente e rápida, permitindo a comparação de problemas novos com problemas já resolvidos, realizando generalizações e viabilizando, quando possível, a aplicação de soluções prévias a novas situações. A abstração, outro princípio estruturante do pensamento computacional, refere-se à capacidade de selecionar os elementos mais relevantes de um problema e considerá-los na sua modelagem, enquanto aspectos irrelevantes ou de pequena importância são minorizados. A abstração também envolve a escolha de representações adequadas a serem usadas. Uma outra ideia fundamental no pensamento computacional é a criação de algoritmos, conjuntos de procedimentos, regras e decisões para a resolução de um problema. O raciocínio algorítmico envolve a definição das etapas de resolução e inclui a explicitação de rotinas e de etapas a serem repetidas, ambas relacionadas à ideia de automação. O pensamento computacional é, assim, uma estratégia para avaliar problemas e modelar soluções de forma eficiente que pode ser vivenciado de forma integrada às Ciências da Natureza. Ao longo dos volumes desta coleção, o desenvolvimento de situações-problema envolvendo Biologia, Física e Química contempla esses diversos aspectos de pensamento computacional.

Avaliações

A avaliação pode ser analisada sob diferentes pontos de vista, mas aspetos em comum nas diversas perspectivas é que a avaliação é um elemento fundamental na prática educativa. Para Luckesi (2003), o objetivo primordial da avaliação é servir para que o docente possa analisar e refletir acerca da eficiência do seu trabalho. Visando obter os melhores resultados possíveis, o docente pode utilizar diversos instrumentos técnicos.

Nesse sentido, a BNCC menciona a necessidade de os instrumentos de avaliação serem definidos levando em conta "os contextos e as condições de aprendizagem" e que os resultados obtidos sirvam como subsídios para planejar ações visando melhorias no desempenho não somente dos estudantes, mas também dos professores e da escola. Portanto, avaliar vai muito além de mensurar a compreensão pelos estudantes dos objetos de conhecimento em si – essa deve ser uma das tarefas da avaliação, mas não a única – e não existe um instrumento único que dê conta de tudo que faz sentido ser avaliado.

Há diferentes modelos de avaliação da aprendizagem correntes que, por fornecerem informações distintas, ao serem aplicados em conjunto, oferecem uma visão mais ampla do processo educacional. A discussão apresentada reforça a importância de o docente definir durante o planejamento quais serão os modelos avaliativos escolhidos – como e quando serão aplicados –, pois eles interferem na construção da estrutura das aulas e da organização das sequências didáticas.

Para Luckesi (2004), a distinção primordial entre o ato de avaliar e o ato de examinar é que, enquanto o segundo modo classifica e seleciona, o primeiro diagnostica e inclui. Todos os modelos avaliativos comentados a seguir de alguma forma devem ser capazes de oferecer diagnósticos. Contudo, a chamada **avaliação diagnóstica** é aquela que possibilita o mapeamento das competências dos estudantes no momento inicial de uma etapa de ensino. A avaliação diagnóstica tem por objetivo disponibilizar ao docente subsídios para a adequação das atividades subsequentes às características e aos conhecimentos prévios dos estudantes. Com isso, o processo de avaliação diagnóstica permite uma personalização do ensino com base nos dados obtidos.

A **avaliação formativa** é aquela que permite redirecionar e potencializar aprendizagens em progresso, ou seja, ela permeia todas as etapas de ensino sendo muitas vezes denominada também avaliação processual. Seu objetivo é servir como um indicativo para o docente sobre os resultados de sua ação pedagógica e para sinalizar ao estudante quais são suas principais dificuldades. Assim, as defasagens verificadas ao longo das atividades que compõem a avaliação formativa não devem ser consideradas como falhas, mas como guias.

A **avaliação somativa** é pontual, individual e ocorre como fechamento de uma etapa de ensino. Geralmente é feita na forma de atividades fechadas que fornecem resultados quantitativos visando à classificação, à seleção ou à certificação, com base em critérios iguais para todos os estudantes. Essa avaliação dirige-se geralmente à equipe gestora da escola, aos pais e a administradores governamentais de ensino. A avaliação somativa tem por objetivo fazer uma síntese do que o estudante é capaz de fazer ou não no momento final de uma etapa de ensino e, como tal, em geral, ela não conta com o estudante enquanto corresponsável pelo processo avaliativo. Tal ação ficaria totalmente a cargo do docente, quando se trata de uma avaliação somativa interna, como costuma ser o caso na maior parte do percurso escolar.

Na **avaliação comparativa**, o desempenho do estudante é contrastado com o desempenho de outras turmas, escolas, países ou membros da mesma classe. Trata-se de uma avaliação que possibilita levantamentos estatísticos sobre ele, embora não permita obter informações sobre a aprendizagem de um estudante especificamente, uma vez que a referência é externa a ele e às condições de aprendizagem sendo fortemente influenciada pelas características do grupo tomado como padrão. Assim, o principal instrumento empregado para compor a avaliação comparativa são as provas padronizadas, que consistem em avaliações externas de larga escala como o Saeb, o Enem, o Pisa e os vestibulares, além de simulados aplicados na escola.

Na **avaliação ipsativa**, a aprendizagem do estudante é analisada tomando como referência a progressão do próprio estudante. Em outras palavras, comparando o estudante consigo mesmo em momento anterior do processo educativo. Dessa maneira, mesmo aqueles com maiores dificuldades não estariam em desvantagem. Ela procura valorizar a progressão do estudante em relação aos seus próprios objetivos de aprendizagem, assumindo um caráter de avaliação formativa ou avaliação para aprendizagem.

Sugestões para uso da obra

Esta obra tem como objetivo auxiliar o professor a aplicar o currículo escolar e desenvolver as competências e habilidades preconizadas na BNCC. Sendo assim, sua utilização pode ser adaptada da forma que for mais adequada ao planejamento de aulas e às particularidades de cada turma. A obra tem diferentes tipos de seções com finalidades específicas e que podem ser complementadas de acordo com a experiência do docente em sala de aula.

Possíveis cronogramas

O planejamento de aulas vai depender da carga horária de cada componente, bem como da forma de organização pedagógica da escola e dos docentes de Ciências da Natureza. É recomendado que o material seja utilizado na ordem sequencial dos capítulos e que se reserve tempo equivalente para cada componente curricular.

Considerando uma escola em que a formação geral básica se dê nos três anos do Ensino Médio, recomendamos que em cada ano seja desenvolvida uma unidade do volume único de cada componente curricular. Ainda assim, é possível organizar a estruturação do curso de outra forma. O quadro a seguir mostra sugestões de cronogramas para o uso da obra.

Sugestões por componente curricular

<table>
<tr><th>Unidades</th><th>Capítulos</th><th>Planejamento bimestral</th><th>Planejamento trimestral</th><th>Planejamento semestral</th></tr>
<tr><td rowspan="8">1</td><td>1</td><td rowspan="2">1º</td><td rowspan="3">1º</td><td rowspan="4">1º</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>3</td><td rowspan="2">2º</td></tr>
<tr><td>4</td><td rowspan="4">2º</td></tr>
<tr><td>5</td><td rowspan="2">3º</td><td rowspan="4">2º</td></tr>
<tr><td>6</td></tr>
<tr><td>7</td><td rowspan="2">4º</td><td rowspan="2">3º</td></tr>
<tr><td>8</td></tr>
<tr><td rowspan="8">2</td><td>9</td><td rowspan="2">5º</td><td rowspan="3">4º</td><td rowspan="4">3º</td></tr>
<tr><td>10</td></tr>
<tr><td>11</td><td rowspan="2">6º</td></tr>
<tr><td>12</td><td rowspan="4">5º</td></tr>
<tr><td>13</td><td rowspan="2">7º</td><td rowspan="4">4º</td></tr>
<tr><td>14</td></tr>
<tr><td>15</td><td rowspan="2">8º</td><td rowspan="2">6º</td></tr>
<tr><td>16</td></tr>
<tr><td rowspan="8">3</td><td>17</td><td rowspan="2">9º</td><td rowspan="3">7º</td><td rowspan="4">5º</td></tr>
<tr><td>18</td></tr>
<tr><td>19</td><td rowspan="2">10º</td></tr>
<tr><td>20</td><td rowspan="4">8º</td></tr>
<tr><td>21</td><td rowspan="2">11º</td><td rowspan="4">6º</td></tr>
<tr><td>22</td></tr>
<tr><td>23</td><td rowspan="2">12º</td><td rowspan="2">9º</td></tr>
<tr><td>24</td></tr>
</table>

Seções e boxes

Cada um dos volumes dos componentes curriculares de Ciências da Natureza: Biologia, Física e Química, está dividido em 3 unidades, subdivididas em 8 capítulos estruturados de maneira similar. Ao longo do capítulo são sugeridas propostas de pesquisas complementares, atividades que possibilitam a construção de conhecimentos e a aplicação de conceitos desenvolvidos no decorrer do trabalho pedagógico. A linguagem empregada procura aliar a precisão conceitual científica à clareza didática. Em diversas situações foram feitas exemplificações por meio de assuntos do cotidiano, o que torna conceitos e fenômenos científicos mais concretos para os estudantes.

A cada unidade, temos uma tarja indicando seu início. Elas indicam um agrupamento possível de temas a serem abordados pelo professor.

A abertura do capítulo introduz e contextualiza assuntos, possibilitando que, a critério do docente, possam ser exploradas as concepções alternativas que estudantes da educação básica costumam manifestar e as diversas experiências socioculturais que os jovens vivenciam. As aberturas dos capítulos também podem evidenciar a articulação entre ciência, tecnologia e cotidiano e a importância do assunto a ser trabalhado no capítulo.

Os capítulos contêm textos e seções de atividades que visam motivar os estudantes, ampliar seus conhecimentos, relacionar o conhecimento científico à vida prática, além de promover a experimentação, o trabalho individual e em grupo e a aplicação dos conhecimentos na solução de problemas e em atividades práticas.

Os boxes *Atividade em grupo* favorecem diversos processos cognitivos, como: observação, visualização, compreensão, organização, análise, síntese, comunicação de ideias científicas, dentre outros, contribuindo para a participação em debates. Também são criadas oportunidades de desenvolvimento de competências como a escrita e a divulgação e/ou publicação de resultados.

A seção *Dialogando com o texto* é diversificada e procura expandir e contextualizar os conteúdos trabalhados no capítulo. Ao promover maior diálogo entre o estudante e o livro didático, essa seção estimula o desenvolvimento de diversas habilidades essenciais, como a análise crítica, a compreensão de conceitos, a capacidade de definição, a modelagem de problemas, a resolução de questões, a comparação de informações, a capacidade de tomar decisões fundamentadas e a comunicação eficaz.

A seção *Atividade prática* propõe, de forma diversificada, arranjos experimentais ou experimentos didáticos realizáveis em ambientes escolares típicos, experimentos investigativos ou comprobatórios que podem ser feitos individualmente ou em grupo, proporcionando uma experiência ativa e colaborativa. Essas atividades estimulam o desenvolvimento de habilidades essenciais ao trabalho científico, como a observação crítica, a formulação de hipóteses, o planejamento de experimentos, a coleta e a análise de dados, a solução de problemas e a comunicação de resultados, promovendo o pensamento investigativo e o aprendizado por meio da experimentação.

A seção *Em destaque* apresenta textos de diversas fontes relacionados ao assunto apresentado, que pretendem abordar diferentes aspectos sobre a importância da Ciência e auxiliam no desenvolvimento da capacidade de intelecção de textos, da leitura inferencial e do pensamento crítico.

A seção *Aplicando conhecimentos* traz questões diretamente relacionadas ao assunto em estudo, verificando a compreensão dos conceitos principais do capítulo.

Todos os capítulos se encerram com a seção *Atividades finais*, que apresenta questões de sistematização de conhecimentos, problemas contextualizados e questões de vestibulares e do Enem. Desse modo, podem ser desenvolvidas estratégias de resolução diversificadas, aprimoramento da capacidade de fazer inferências a partir da leitura de enunciados e consolidação do aprendizado que ocorreu ao longo do estudo do capítulo.

A seção *Mundo do trabalho* apresenta aspectos da vida profissional em que são aplicados conhecimentos e procedimentos estudados nos capítulos, reforçando a conexão entre os conteúdos do livro e o mundo do trabalho.

A seção *Educação midiática* aborda o uso responsável de diferentes mídias para desenvolver habilidades de coleta de dados, de análise e de interpretação de informações, promovendo também diversas formas de comunicar argumentos e conhecimentos no campo das Ciências da Natureza. Além disso, contribui para a avaliação crítica das tecnologias digitais de informação e de comunicação, contribuindo para apresentação de textos com formas específicas de linguagem científica e tecnológica, em diferentes mídias.

Em alguns capítulos, são apresentadas variadas estratégias de estudo, tanto em forma de atividades como de procedimentos ou metodologias voltadas a consolidar o que foi estudado.

Ao longo dos capítulos também são apresentadas possibilidades de contribuições pedagógicas por meio de objetos digitais oferecidos no livro digital, nos formatos: *podcast*, vídeo, carrossel de imagens, infográfico clicável e mapa clicável.

ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS DESTE VOLUME

Componente curricular Química

Este volume de Química está organizado em três unidades, compostas por 8 capítulos cada uma. A *Unidade 1* aborda os aspectos fundamentais da Química, como a composição das substâncias, o conceito de reação química, as ligações químicas – tanto interatômicas quanto intermoleculares – e as consequências das interações químicas sobre as propriedades de materiais e a formação de soluções. A *Unidade 2* trata de temas mais específicos vinculados às transformações químicas, introduzindo aspectos quantitativos. Essa abordagem principia com o estudo quantitativo da solubilidade, avançando para a quantidade de matéria, as relações estequiométricas e os princípios relacionados à termoquímica, à cinética química e ao equilíbrio químico. A *Unidade 3* explora situações em que os princípios da Química estudados podem ser aplicados para a compreensão de fenômenos diversos e de outras aplicações práticas. Nessa unidade, são discutidos aspectos referentes às reações de oxirredução, aos compostos orgânicos, às biomoléculas, à nanotecnologia e aos fenômenos nucleares.

A linguagem utilizada procura unir o rigor conceitual à clareza didática, a fim de favorecer a compreensão dos conceitos pelos estudantes. A abertura de cada capítulo contextualiza os conteúdos e temas abordados, auxiliando o estudante a relacionar com o cotidiano o que nele é tratado ou perceber como o assunto se insere no contexto da Ciência ou de aspectos de interesse da sociedade.

Ensinar Química envolve considerar tanto as necessidades dos estudantes quanto os grandes desafios globais, como a crise climática e a necessidade de educar para a comunicação digital. Nesse contexto, é recomendado que o docente integre os três níveis tradicionais de conhecimento químico (empírico, teórico e representacional) aos desafios contemporâneos, pessoais e mundiais, capacitando os estudantes a participar ativamente de debates públicos, a desenvolver projetos individuais e a enfrentar e solucionar situações-problema. Por isso, as propostas educativas não podem se limitar exclusivamente a estratégias e conteúdos de um único componente ou área do conhecimento.

O desenvolvimento dos conteúdos de Química deve ocorrer, sempre que for possível, em articulação com os outros componentes das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Física e Biologia), bem como de outras áreas do conhecimento. Nesse processo de integração, práticas interdisciplinares são fundamentais, pois promovem não somente a compreensão de diferentes perspectivas sobre um mesmo objeto de estudo, mas a criação de uma síntese que une conhecimentos, métodos e aplicações de forma articulada e complementar.

Nos momentos oportunos desta obra, a interdisciplinaridade com outros componentes da área de Ciências da Natureza permeia o desenvolvimento do conteúdo ao longo dos itens dos capítulos. Ela também comparece com frequência nas seções *Em destaque*, *Mundo do trabalho* e *Educação midiática* nas quais são articulados temas, problemas e conceitos sociais e científicos que instigam a conexão com os outros componentes de Ciências da Natureza e de outras áreas do conhecimento.

A seção *Em destaque* apresenta informações adicionais, que, consideradas e analisadas no contexto de aprendizagem em que se inserem, permitem a aquisição de novos conhecimentos e o estabelecimento de relações com outros saberes. Além disso, quando conveniente, a seção traz textos de outras fontes, condizentes com as relações conceituais estabelecidas no capítulo, que servem de mote para eventuais atividades propostas na própria seção.

Na seção *Educação midiática*, a proposta é estimular os estudantes a explorar o desenvolvimento de habilidades de leitura, escrita e utilização das tecnologias digitais da informação e da comunicação de maneira consciente e responsável. Na primeira ocorrência dessa seção (no Capítulo 1), as habilidades essenciais da educação midiática são apresentadas aos estudantes, as quais são revisitadas nas demais ocorrências ao longo da obra, em que os textos e as atividades incentivam a exploração do letramento da informação, da análise crítica da mídia, da autoexpressão, da fluência digital, da participação cívica e da cidadania digital.

Considerando o caráter interdisciplinar e a urgência do letramento digital, uma abordagem necessária é incentivar a análise crítica de informações científicas divulgadas nas mídias, especialmente em redes sociais. Para isso, é fundamental que os estudantes desenvolvam um sólido entendimento dos conceitos fundamentais das Ciências da Natureza, além de compreenderem o que caracteriza a atividade científica. A educação midiática potencializa a seleção de informações em fontes confiáveis e a compreensão do impacto da Ciência na sociedade contemporânea. Ademais, possibilita o entendimento de que os mecanismos de disseminação de conteúdos digitais apresentam tendenciosidades e também podem favorecer a disseminação de notícias falsas (*fake news*) e de materiais que atuam na desinformação. A abordagem proposta na obra pretende contribuir para o desenvolvimento de qualidades necessárias a cidadãos críticos e preparados para opinar e tomar decisões fundamentadas.

O mundo do trabalho representa outro desafio para o ensino atual, especialmente diante das crescentes exigências por profissionais que se adaptem às novas tendências de mercado e às inovações tecnológicas. Essas demandas exigem que a formação em Química vá além da compreensão teórico-prática de fenômenos. É fundamental estimular cada estudante a explorar seu potencial e a vislumbrar aplicações de seus conhecimentos em contextos produtivos específicos, contemplando as possibilidades de atuação profissional relacionadas à Química e às demais Ciências da Natureza. Além disso, é necessário desenvolver habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas complexos e domínio de novas tecnologias, pois o mercado de trabalho atual demanda profissionais capazes de propor soluções inovadoras, enfrentar desafios multifacetados e atuar em cenários de incerteza. Dessa forma, a formação em Química deve não apenas responder às demandas imediatas do mercado, mas também contribuir para uma visão crítica de impactos sociais e ambientais das atividades humanas.

Considerando-se os problemas ambientais em escala planetária, é urgente educar para o mundo do trabalho com consciência crítica e valores que priorizem a sustentabilidade, características que não excluem, mas complementam, a relevância do mundo do trabalho para a economia, a realização pessoal e a concretização de projetos individuais.

Nesse sentido, as seções *Mundo do trabalho* deste volume instigam os estudantes a refletir sobre os próprios projetos de vida, os aspectos essenciais para as escolhas profissionais e as habilidades e competências necessárias à inserção e à permanência no mercado de trabalho.

Para além da relação entre conteúdo e atuação docente, a obra se preocupa com uma abordagem que inclui desafios pessoais e globais, bem como experiências e percepções dos estudantes sobre os conteúdos e os temas estudados.

O professor exerce um importante papel de **mediador** da aprendizagem, articulando elementos que promovam um aprendizado significativo e relevante. Nesse processo de mediação, a Química deve ser encarada como um campo de conhecimento em constante evolução (rompendo com uma visão de ciência puramente empírica e indutivista que a reduz à simples observação e experimentação), sendo um processo dinâmico que engloba a formulação de hipóteses, o diálogo entre diferentes áreas e a busca de conclusões que, em função do método científico, estão permanentemente abertas à contestação e à reformulação. Além disso, é desejável que o ensino de Química dialogue com outras formas de conhecimento, como os saberes de povos tradicionais, e esteja aberto às diferentes manifestações das juventudes, respeitando-as e valorizando-as.

A seção *Estratégia de estudo* oferece ferramental para que o estudante assuma o protagonismo de seu processo de aprendizagem, tornando-se capaz de localizar, compreender e mapear conceitos, bem como as inter-relações entre eles. A seção também visa a fornecer elementos para o desenvolvimento da autonomia na pesquisa e no estudo em outras fontes de informação.

Os capítulos do Livro do estudante contêm seções e atividades que podem ser empregadas na **avaliação** (mais informações sobre as diferentes formas envolvidas no processo avaliativo estão no item *Avaliações*, em *Orientações gerais da coleção*). Entre elas estão pesquisas, discussões, atividades individuais e em grupo, produções de vídeos ou de outros materiais de divulgação científica e questões autorais ou extraídas do Enem e de concursos vestibulares. Adiante, nestas *Orientações específicas deste volume*, cada um dos 24 capítulos da obra é contemplado, incluindo o item *Proposta de avaliação*, no qual são elencadas atividades sugeridas para integrar o processo avaliativo.

Uma dimensão fundamental do ensino de Química são as atividades experimentais, pois, através delas, é possível articular os níveis do conhecimento químico e desenvolver habilidades essenciais, como o pensamento crítico e criativo, a resolução de problemas e a atuação colaborativa. O livro propõe atividades que envolvem materiais de fácil acesso e de baixíssima periculosidade. Além disso, na maioria dos casos, os resíduos não requerem tratamento ou descarte específico. Contudo, a obra sempre menciona como realizar o descarte, ainda que este seja realizado em lixo comum.

Ao explorar atividades experimentais, é oportuno que o professor ressalte aos estudantes, como parte do processo educativo em Química, que sempre existe a necessidade de se preocupar com os impactos ambientais do descarte de resíduos. Assim, aproveita-se o laboratório escolar como um espaço para educar sobre a responsabilidade socioambiental e o mundo do trabalho.

Para atividades experimentais em geral, recomenda-se:

- **Separação de resíduos**: Classificar os resíduos em sólidos, líquidos e gases, e identificar se são perigosos ou não, facilitando o tratamento e descarte adequado.
- **Neutralização de resíduos**: Sempre que possível, neutralizar resíduos ácidos e básicos antes do descarte, a fim de minimizar os impactos ambientais, ajustando o *pH* para próximo de 7 (e jamais fora da faixa de 5 a 9).
- **Uso de recipientes apropriados**: Garantir que resíduos líquidos e sólidos sejam descartados em recipientes adequados e devidamente etiquetados, assegurando o manuseio seguro e o descarte correto.
- **Minimização de resíduos**: Planejar experimentos para utilizar a menor quantidade possível de reagentes, a fim de reduzir o volume de resíduos gerados.
- **Reutilização de materiais**: Sempre que possível e seguro, reaproveitar materiais dos experimentos, evitando a geração desnecessária de resíduos.

Respeitados esses procedimentos, e explicitando-os aos estudantes, a experimentação e o descarte de resíduos são transformados em oportunidades educativas, objetivando conscientizá-los sobre as consequências do descarte inadequado de substâncias e os impactos ambientais dos processos químicos.

As temáticas químicas contemporâneas são amplas e interconectadas com diversas outras áreas, representando desafios didáticos e, ao mesmo tempo, apresentando oportunidades de ensino. Atualmente, a Química vai além de suas áreas tradicionais – a Físico-Química, a Química Analítica, a Química Orgânica e a Química Inorgânica –, incorporando aspectos da tecnologia da informação, do processamento de grande quantidades de dados, do estudo de materiais inovadores, da pesquisa ambiental e do desenvolvimento de processos que sejam ambientalmente benéficos. Além da crescente complexificação dos conhecimentos técnicos, outro desafio para professores são as novas demandas dos jovens do século XXI, cada vez mais familiarizados com tecnologias, mais focados em interesses múltiplos e que anseiam por abordagens dinâmicas e interativas.

Essa nova conformação do ensino de Química exige que professores invistam continuamente em sua aprendizagem, ampliando não só seu conhecimento e seu repertório de temas e exemplos, mas também explorando novas formas de ensinar com as tecnologias de mediação pedagógica. Para acompanhar essas mudanças e integrar o "novo" visando à melhoria da aprendizagem dos estudantes, é fundamental investir na própria formação. Isso pode ser feito por meio de participação em cursos de formação continuada, congressos, seminários e *workshops*, leitura de artigos científicos, envolvimento em comunidades de educadores, atividades de extensão universitária e aprendizagem de novas tecnologias educacionais. Nessa linha de ação e formação continuada, as *Referências suplementares* (que ocorrem diversas vezes nestas *Orientações específicas sobre este volume*) e as *Referências bibliográficas complementares* (ao final deste suplemento) contêm sugestões de obras comentadas que podem contribuir para o aperfeiçoamento profissional.

Também é importante considerar que – à luz da complexidade dos temas educacionais de hoje, que são multifacetados e exigem uma abordagem interdisciplinar – o aperfeiçoamento contínuo será mais eficiente quanto mais colaborativo e sustentado por observações, troca de ideias, atuações conjuntas e reflexões coletivas, não apenas com professores de Química, mas também de outros componentes de Ciências da Natureza e das demais áreas do conhecimento.

Competências e habilidades de outras áreas do conhecimento

A seguir, estão relacionadas as competências específicas e as habilidades de outras áreas cujo desenvolvimento é favorecido por temas e atividades desta obra. Elas serão mencionadas por seus respectivos códigos, pontualmente, quando oportuno, nestas *Orientações específicas deste volume*.

Linguagens e suas tecnologias

Competência específica 1

Compreender o funcionamento das diferentes linguagens e práticas culturais (artísticas, corporais e verbais) e mobilizar esses conhecimentos na recepção e produção de discursos nos diferentes campos de atuação social e nas diversas mídias, para ampliar as formas de participação social, o entendimento e as possibilidades de explicação e interpretação crítica da realidade e para continuar aprendendo.

EM13LGG102 Analisar visões de mundo, conflitos de interesse, preconceitos e ideologias presentes nos discursos veiculados nas diferentes mídias, ampliando suas possibilidades de explicação, interpretação e intervenção crítica da/na realidade.

EM13LGG104 Utilizar as diferentes linguagens, levando em conta seus funcionamentos, para a compreensão e produção de textos e discursos em diversos campos de atuação social.

Competência específica 2

Compreender os processos identitários, conflitos e relações de poder que permeiam as práticas sociais de linguagem, respeitando as diversidades e a pluralidade de ideias e posições, e atuar socialmente com base em princípios e valores assentados na democracia, na igualdade e nos Direitos Humanos, exercitando o autoconhecimento, a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, e combatendo preconceitos de qualquer natureza.

EM13LGG204 Dialogar e produzir entendimento mútuo, nas diversas linguagens (artísticas, corporais e verbais), com vistas ao interesse comum pautado em princípios e valores de equidade assentados na democracia e nos Direitos Humanos.

Competência específica 3

Utilizar diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais) para exercer, com autonomia e colaboração, protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva, de forma crítica, criativa, ética e solidária, defendendo pontos de vista que respeitem o outro e promovam os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável, em âmbito local, regional e global.

EM13LGG303 Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas.

Competência específica 6

Apreciar esteticamente as mais diversas produções artísticas e culturais, considerando suas características locais, regionais e globais, e mobilizar seus conhecimentos sobre as linguagens artísticas para dar significado e (re)construir produções autorais individuais e coletivas, exercendo protagonismo de maneira crítica e criativa, com respeito à diversidade de saberes, identidades e culturas.

EM13LGG604 Relacionar as práticas artísticas às diferentes dimensões da vida social, cultural, política e econômica e identificar o processo de construção histórica dessas práticas.

Competência específica 7

Mobilizar práticas de linguagem no universo digital, considerando as dimensões técnicas, críticas, criativas, éticas e estéticas, para expandir as formas de produzir sentidos, de engajar-se em práticas autorais e coletivas, e de aprender a aprender nos campos da ciência, cultura, trabalho, informação e vida pessoal e coletiva.

EM13LGG701 Explorar tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), compreendendo seus princípios e funcionalidades, e utilizá-las de modo ético, criativo, responsável e adequado a práticas de linguagem em diferentes contextos.

Língua portuguesa

EM13LP17 Elaborar roteiros para a produção de vídeos variados (*vlog*, videoclipe, videominuto, documentário etc.), apresentações teatrais, narrativas multimídia e transmídia, *podcasts*, *playlists* comentadas etc., para ampliar as possibilidades de produção de sentidos e engajar-se em práticas autorais e coletivas.

EM13LP31 Compreender criticamente textos de divulgação científica orais, escritos e multissemióticos de diferentes áreas do conhecimento, identificando sua organização tópica e a hierarquização das informações, identificando e descartando fontes não confiáveis e problematizando enfoques tendenciosos ou superficiais.

EM13LP34 Produzir textos para a divulgação do conhecimento e de resultados de levantamentos e pesquisas – texto monográfico, ensaio, artigo de divulgação científica, verbete de enciclopédia (colaborativa ou não), infográfico (estático ou animado), relato de experimento, relatório, relatório multimidiático de campo, reportagem científica, podcast ou vlog científico, apresentações orais, seminários, comunicações em mesas redondas, mapas dinâmicos etc. –, considerando o contexto de produção e utilizando os conhecimentos sobre os gêneros de divulgação científica, de forma a engajar-se em processos significativos de socialização e divulgação do conhecimento.

EM13LP39 Usar procedimentos de checagem de fatos noticiados e fotos publicadas (verificar/avaliar veículo, fonte, data e local da publicação, autoria, URL, formatação; comparar diferentes fontes; consultar ferramentas e *sites* checadores etc.), de forma a combater a proliferação de notícias falsas (*fake news*).

EM13LP40 Analisar o fenômeno da pós-verdade – discutindo as condições e os mecanismos de disseminação de *fake news* e também exemplos, causas e consequências desse fenômeno e da prevalência de crenças e opiniões sobre fatos –, de forma a adotar atitude crítica em relação ao fenômeno e desenvolver uma postura flexível que permita rever crenças e opiniões quando fatos apurados as contradisserem.

EM13LP41 Analisar os processos humanos e automáticos de curadoria que operam nas redes sociais e outros domínios da internet, comparando os *feeds* de diferentes páginas de redes sociais e discutindo os efeitos desses modelos de curadoria, de forma a ampliar as possibilidades de trato com o diferente e minimizar o efeito bolha e a manipulação de terceiros.

EM13LP43 Atuar de forma fundamentada, ética e crítica na produção e no compartilhamento de comentários, textos noticiosos e de opinião, memes, *gifs*, remixes variados etc. em redes sociais ou outros ambientes digitais.

EM13LP45 Analisar, discutir, produzir e socializar, tendo em vista temas e acontecimentos de interesse local ou global, notícias, fotodenúncias, fotorreportagens, reportagens multimidiáticas, documentários, infográficos, *podcasts* noticiosos, artigos de opinião, críticas da mídia, *vlogs* de opinião, textos de apresentação e apreciação de produções culturais (resenhas, ensaios etc.) e outros gêneros próprios das formas de expressão das culturas juvenis (*vlogs* e *podcasts* culturais, *gameplay* etc.), em várias mídias, vivenciando de forma significativa o papel de repórter, analista, crítico, editorialista ou articulista, leitor, vlogueiro e *booktuber*, entre outros.

Matemática e suas tecnologias

EM13MAT101 Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais.

EM13MAT103 Interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas ou não pelo Sistema Internacional (SI), como as de armazenamento e velocidade de transferência de dados, ligadas aos avanços tecnológicos.

EM13MAT305 Resolver e elaborar problemas com funções logarítmicas nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como os de abalos sísmicos, pH, radioatividade, Matemática Financeira, entre outros.

EM13MAT315 Investigar e registrar, por meio de um fluxograma, quando possível, um algoritmo que resolve um problema.

Ciências humanas e sociais aplicadas

Competência específica 1

Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.

EM13CHS102 Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos.

EM13CHS104 Analisar objetos e vestígios da cultura material e imaterial de modo a identificar conhecimentos, valores, crenças e práticas que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço.

EM13CHS203 Comparar os significados de território, fronteiras e vazio (espacial, temporal e cultural) em diferentes sociedades, contextualizando e relativizando visões dualistas (civilização/barbárie, nomadismo/sedentarismo, esclarecimento/obscurantismo, cidade/campo, entre outras).

EM13CHS204 Comparar e avaliar os processos de ocupação do espaço e a formação de territórios, territorialidades e fronteiras, identificando o papel de diferentes agentes (como grupos sociais e culturais, impérios, Estados Nacionais e organismos internacionais) e considerando os conflitos populacionais (internos e externos), a diversidade étnico-cultural e as características socioeconômicas, políticas e tecnológicas.

EM13CHS302 Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade.

EM13CHS304 Analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável.

EM13CHS306 Contextualizar, comparar e avaliar os impactos de diferentes modelos socioeconômicos no uso dos recursos naturais e na promoção da sustentabilidade econômica e socioambiental do planeta (como a adoção dos sistemas da agrobiodiversidade e agroflorestal por diferentes comunidades, entre outros).

EM13CHS403 Caracterizar e analisar os impactos das transformações tecnológicas nas relações sociais e de trabalho próprias da contemporaneidade, promovendo ações voltadas à superação das desigualdades sociais, da opressão e da violação dos Direitos Humanos.

Competência específica 5

Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.

EM13CHS502 Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.

EM13CHS503 Identificar diversas formas de violência (física, simbólica, psicológica etc.), suas principais vítimas, suas causas sociais, psicológicas e afetivas, seus significados e usos políticos, sociais e culturais, discutindo e avaliando mecanismos para combatê-las, com base em argumentos éticos.

EM13CHS504 Analisar e avaliar os impasses ético-políticos decorrentes das transformações culturais, sociais, históricas, científicas e tecnológicas no mundo contemporâneo e seus desdobramentos nas atitudes e nos valores de indivíduos, grupos sociais, sociedades e culturas.

Competência específica 6

Participar do debate público de forma crítica, respeitando diferentes posições e fazendo escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.

EM13CHS601 Identificar e analisar as demandas e os protagonismos políticos, sociais e culturais dos povos indígenas e das populações afrodescendentes (incluindo as quilombolas) no Brasil contemporâneo considerando a história das Américas e o contexto de exclusão e inclusão precária desses grupos na ordem social e econômica atual, promovendo ações para a redução das desigualdades étnico-raciais no país.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. p. 481-552, 561-579.

Computação

EM13CO08 Entender como mudanças na tecnologia afetam a segurança, incluindo novas maneiras de preservar sua privacidade e dados pessoais on-line, reportando suspeitas e buscando ajuda em situações de risco.

EM13CO20 Criar conteúdos, disponibilizando-os em ambientes virtuais para publicação e compartilhamento, avaliando a confiabilidade e as consequências da disseminação dessas informações.

EM13CO22 Produzir e publicar conteúdo como textos, imagens, áudios, vídeos e suas associações, bem como ferramentas para sua integração, organização e apresentação, utilizando diferentes mídias digitais.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. **BNCC Computação**. Parecer CNE/CEB nº 2/2022. Brasília, DF: MEC, 2022. p. 61-71. O documento estabelece diretrizes para a computação da Educação Infantil ao Ensino Médio.

Capítulo 1 Conceitos introdutórios à Química

Objetivos do capítulo

- Compreender e utilizar os conceitos de temperatura de fusão e de ebulição.
- Investigar o que são curva de aquecimento e curva de resfriamento de uma substância e reconhecer nelas os valores de temperatura de fusão e de ebulição dessa substância.
- Inferir que há proporcionalidade direta entre massa e volume de amostras de uma substância, desde que estejam todas em uma mesma fase e submetidas a temperatura e pressão constantes.
- Investigar o fenômeno do estouro da pipoca, levantando observações experimentais e propondo um modelo para explicá-lo.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo aborda um conjunto de conceitos fundamentais e introdutórios à Química, que alicerçam o conhecimento científico dessa área, tais como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade. Também trata de aspectos da metodologia científica e propõe sua utilização para investigar um tema que, para muitos, evoca grande curiosidade: por que a pipoca estoura?

Aproveite a foto de abertura para instigar os estudantes a manifestar suas opiniões sobre a resposta a essa pergunta. Registre essas opiniões para que possa aproveitá-las nas etapas de fechamento da *Atividade prática* do item 8 (que é sobre o estouro da pipoca). Aproveite a curiosidade gerada pela pergunta de abertura para estimular os estudantes ao estudo dos temas iniciais do capítulo, necessários à elaboração de uma resposta.

Não antecipe a discussão que deve ser realizada pelos estudantes na *Atividade prática*. Procure ouvi-los, instigar sua curiosidade e estimular todos a opinar. Procure também tranquilizá-los em eventuais manifestações de ansiedade, pois, quando confrontados com perguntas que geram curiosidade, é muito frequente alguns desejarem saber de imediato qual é a resposta. Essa ansiedade é uma manifestação da busca pela informação pronta e finalizada que, com a mesma velocidade com que é recebida, poderá desaparecer. A ideia é conduzi-los à observação, à proposição de hipóteses e ao teste dessas hipóteses para que possam chegar por seus próprios meios à formulação de uma proposta consistente, com a mediação pedagógica do professor.

Uma maneira de contornar as manifestações de ansiedade diante da problematização inicial é tornar os estudantes partícipes do processo, pedindo a eles que registrem por escrito no caderno suas opiniões e eventuais incertezas sobre o tema para que retornem a elas após a *Atividade prática*.

Por dentro da BNCC

Este capítulo vai ao encontro do preconizado na BNCC, na qual consta que "no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos" (BNCC, 2018, p. 548). Ele possibilita o desenvolvimento, entre outras, das habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT307** e **EM13MAT103**.

Todas as competências gerais da BNCC, assim como as competências específicas e as habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias estão relacionadas na parte deste suplemento intitulada *Orientações gerais da coleção*.

Já as competências específicas e as habilidades de outras áreas do conhecimento que têm o seu desenvolvimento favorecido por aspectos desta obra, encontram-se listadas no item *Competências e habilidades de outras áreas do conhecimento*, na parte *Orientações específicas deste volume*.

Assim, nos comentários destinados ao docente referentes aos 24 capítulos da obra, as referências às competências gerais, às competências específicas e às habilidades não se encontram acompanhadas do respectivo texto completo, uma vez que ele pode ser encontrado nos locais mencionados.

Além disso, cabe salientar que menções à BNCC não se encontram exclusivamente na seção *Por dentro da BNCC*, podendo constar, conforme a conveniência pedagógica, em outras seções.

Alguns aspectos abordados neste capítulo relacionam-se aos **Temas Contemporâneos Transversais** (**TCT**) **Ciência e Tecnologia** (da macroárea de mesmo nome) e **Saúde** (macroárea de mesmo nome). O capítulo também inclui temáticas relativas ao **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável** (**ODS**) **3**.

Resoluções e comentários

Em destaque – Os saberes científicos são provisórios e têm uma história

Há uma vasta literatura científica que analisa as visões distorcidas sobre a natureza das ciências e sobre o trabalho científico. Essas concepções são: (1) empírico-indutivista e ateórica; (2) algorítmica e infalível; (3) aproblemática e a-histórica; (4) exclusivamente analítica; (5) acumulativa de crescimento linear; (6) individualista e elitista; e (7) socialmente neutra (Pérez *et al*., 2001; referência recomendada adiante). A Química, sendo uma dessas ciências, não fica de fora. O ensino de Química baseado na historiografia contemporânea permite contextualizar a construção do conhecimento químico em suas circunstâncias sociais, culturais e políticas originais a partir de estudos de caso. A inclusão da Química não deve ser feita de uma forma positivista, pela mera inserção pontual ou cronológica das descobertas notáveis da Química ou pela apresentação de erros a serem evitados, pois isso reforça as visões distorcidas sobre a natureza das ciências. Esse trabalho é respaldado por LDB 9.394/96, DCN's e PCN's (PORTO, 2019).

Para trabalhar essas abordagens em sala de aula, o professor pode criar um ambiente em que os estudantes assumam uma postura investigativa durante as atividades de pesquisa e experimentação, formulando hipóteses, testando suas ideias, discutindo os erros, avaliando e compartilhando coletivamente os resultados. Pode também exercer a escuta ativa, estimulando os estudantes a expressarem suas visões sobre o fazer científico, oportunizando o trabalho para a superação de possíveis distorções.

A abordagem histórica da Química, considerada no planejamento de aula, pode beneficiar a aprendizagem dos conceitos químicos, além de abrir espaço para a construção de uma visão mais crítica dessa ciência, atravessando transversalmente as competências e habilidades da BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Veja *Referências suplementares*.

Dialogando com o texto – item 3

Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes expliquem que não é aconselhável o uso de tratamentos sem indicação médica. É também esperado que os estudantes mencionem em seu texto o problema das *fake news*, notícias falsas veiculadas por meio de redes sociais, originadas por má-fé e/ou desconhecimento. A verificação da veracidade das informações recebidas é sempre uma necessidade. (Esse tema voltará a ser abordado oportunamente.)

Em destaque – Relatório de atividade prática e artigo científico

1. O terceiro título é melhor, pois é mais abrangente.
2. Sim, pois faz parte da ideia de que o conhecimento científico está permanentemente sujeito a contestação.
3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes considerem mais vantajosa a revisão duplo cega, pois evita parcialidades e animosidades de ambos os lados.
4. É a consideração de que o artigo, por apresentar erros científicos ou éticos, não deveria ter sido publicado. É equivalente a uma "despublicação".
5. Resposta pessoal. Você pode comentar casos como a retratação dos artigos publicados na revista *The Lancet* sobre o uso de hidroxicloroquina para tratamento da covid-19 (Mehra, M. R. *et al*. RETRACTED: Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of covid-19: a multinational registry analysis. **The Lancet**, [*s. l.*], v. 0, n. 0, 22 maio 2020) ou sobre a correlação entre a vacina tríplice viral e o autismo em crianças (Wakefield, A. *et al*. RETRACTED: Ileal-lymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children. **The Lancet**, [*s. l.*], v. 351, n. 9103, p. 637-641, 28 fev. 1998). Destaque a importância e as falhas do processo, o impacto dessas retratações, a necessidade de conduta ética e íntegra dos pesquisadores, de estudos robustos e do desenvolvimento de olhar crítico ao consumir informações científicas.

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa A. Inicialmente, o cientista determina o problema a ser estudado e, então, faz observações, propõe hipóteses e realiza experimentos, cujos resultados são publicados. Dessa forma, C, D e E estão incorretas. Após estas etapas, podem ser estabelecidos princípios (ou leis) e teorias. Assim, B também é incorreta.
2. Alternativa E. A ciência é dinâmica e mutável, pois cientistas sempre estão fazendo novas observações e, consequentemente, leis e teorias podem ser criadas, alteradas ou substituídas. Além disso, deve-se seguir métodos científicos adequados.
3. Alternativa C. Os princípios científicos (ou leis) são enunciados de regularidades da natureza e podem ser explicados por teorias e, portanto, não são sinônimos (B está incorreta). Estas regularidades da natureza são notadas através de observações que testam hipóteses (propostas feitas por cientistas para tentar responder algum problema), assim, A, D e E estão incorretas.
4. Sim, é diferente, pois ele usou o termo "teoria" como sinônimo de hipótese. Em Ciências da Natureza, o termo "teoria" refere-se a uma ideia científica bem embasada em conhecimentos cientificamente válidos e aceitos pela comunidade científica.
5. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que a astrologia não é considerada uma ciência porque não utiliza a metodologia científica.
6. Prefere-se o termo "aceita" porque, apesar de uma teoria científica ser sustentada por testes cientificamente válidos, novos conhecimentos podem surgir, levando os cientistas a revisá-la.
7. **a)** Resposta pessoal. Considerar casos que refutem uma hipótese é fundamental para garantir que a hipótese testada não leve a conclusões erradas.
   b) Crenças e convicções puramente pessoais não podem ser consideradas fatos científicos, pois não são obtidas e avaliadas por meio da metodologia científica.

Educação Midiática – Visão geral da educação midiática

1. Resposta pessoal. Oriente os grupos a relatarem os exemplos e, se necessário, acrescente: acreditar em notícia falsa que traga prejuízo à saúde e repassá-la para outras pessoas; informar-se apenas por uma fonte/mídia, sem ter outras perspectivas ou opiniões; não conseguir participar de uma política pública, por não saber operar aplicativo; deixar dados expostos em redes sociais e sofrer golpes. Mobilize a turma a relacionar os exemplos e as habilidades de educação midiática: pessoas que recebem e repassam notícias falsas precisam desenvolver habilidades de checagem de conteúdos, com técnicas de busca e curadoria da informação. Para uma proposta interdisciplinar com Língua Portuguesa, a turma pode escolher um exemplo para discutir em: Como combater esse desafio trabalhando habilidades de educação midiática? Para trazer proposições, os estudantes mobilizam aspectos da: **competência geral 5**, **competência específica 7 de LGG** e habilidade **EM13LGG701**.
2. Ajude-os a compreender que o mundo do trabalho contemporâneo tem a presença de tecnologias da informação e da comunicação em seus processos, requerendo habilidades da educação midiática. Destaque também que não basta o domínio técnico, sendo necessários valores e atitudes, como a proatividade e a colaboração, essenciais para responder aos desafios, às necessidades de inovação e à criatividade.

Atividade em grupo – item 4

Curvas de aquecimento e de resfriamento são gráficos de como a temperatura de um material (expressa no eixo das ordenadas, eixo *y*) varia com o tempo de aquecimento ou de resfriamento da amostra (no eixo das abscissas, ou eixo *x*). Subentende-se, nesse tipo de representação, que a pressão é fixa (geralmente 1 atm, ou 101,3 kPa) e que a taxa de transferência de energia térmica para a amostra é constante. Na curva de aquecimento da água é possível notar cinco trechos distintos (Fig. 1). Na curva de resfriamento (Fig. 2), tem-se o inverso desses processos.

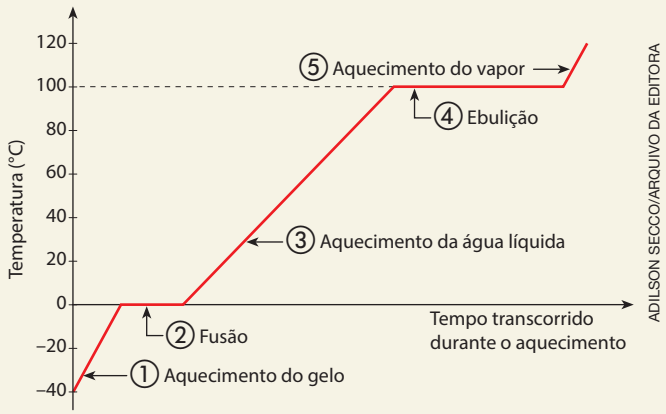


Figura 1. Curva de aquecimento da água pura, a 1 atm (101,3 kPa).

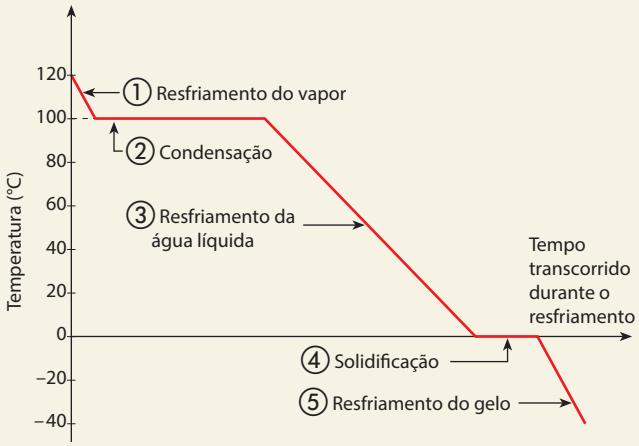


Figura 2. Curva de resfriamento da água pura, a 1 atm (101,3 kPa).

Espera-se que os estudantes concluam que essas curvas evidenciam a constância da temperatura durante as transições de fase, a pressão constante. Além disso, a temperatura de fusão e a de ebulição podem ser lidas nesses gráficos.

Atividade em grupo – item 5

Dados que os estudantes podem obter em sua pesquisa estão na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas de fusão (*TF*) e de ebulição (*TE*), em °C, a 1 atm (101,3 kPa)

Substância	*TF*	*TE*
Água	0	100
Alumínio	660	2.519
Benzeno	6	80
Bromo	−7	59
Cloro	−102	−34
Cobre	1.085	2.560
Estanho	232	2.586
Fenol	41	182
Ferro	1.538	2.861
Gálio	30	2.229
Níquel	1.455	2.913

Fonte: RUMBLE, J. R. (ed.). **CRC Handbook of Chemistry and Physics**: seção 3. 104. ed. Boca Raton: CRC Press, 2023. p. 4-62; *Idem*: seção 4. p. 2-12.

Primeira situação: podem ser usados alumínio, cobre, ferro e níquel, pois apresentam temperatura de fusão superior a 300 °C.

Segunda situação: o fenol apresenta a maior *TF* (41 °C) e o bromo apresenta a menor *TE* (59 °C). O experimento deve ser realizado entre 41 °C e 59 °C.

Terceira situação: o cloro tem *TE* = –34 °C. Acima de –34 °C, o cloro está em fase gasosa, portanto, a substância comercializada não pode ser a substância pura cloro. Uma investigação pelos estudantes revelará que o "cloro sólido" é hipoclorito de cálcio e o "cloro líquido" é uma solução aquosa de hipoclorito de sódio, substâncias produzidas com o elemento químico cloro.

Aplicando conhecimentos

8. Alternativa C. Quando o vidro de automóveis embaça, é porque água (proveniente da expiração) passa da fase gasosa para a fase líquida ao se resfriar por contato com o vidro.

9. Alternativa C. Como o ferro da churrasqueira não funde durante a realização do churrasco, pode-se deduzir que a temperatura atingida não ultrapassou a temperatura de fusão do ferro (1.538 °C).

10. Alternativa B. Uma substância está líquida a 25 °C se sua temperatura de fusão for inferior a 25 °C e se sua temperatura de ebulição for superior a 25 °C.

11. A temperatura das chamas atingiu um valor máximo que foi superior à temperatura de fusão do ouro (1.064 °C), pois ele sofreu fusão, mas inferior à temperatura de fusão do rubi (2.054 °C), pois ele permaneceu sólido.

12. A hipótese **b** interpreta melhor, pois, pela hipótese **a**, o volume de água no copo de vidro diminuiria em pouco tempo, fato que não é observado.

13. Como 1 kg equivale a 1.000 g, a massa do bebê é 4.756 g.

14. A massa das 500 folhas, em grama, é 2.500 g. Dividindo por 500, obtemos a massa de 5 g por folha.

15. Como 1 t = 1.000 kg, tem-se que 0,179 kg = 179 kg.

16. A massa de 50 kg equivale a 50.000.000 mg. Dividindo por 500 mg (massa da substância ativa por comprimido), concluímos que podem ser produzidos 100.000 comprimidos.

17. Como 1 L = 1.000 mL, então 1,5 L = 1.500 mL.

18. O volume total é 30 m^3 = 30.000 L. Dividindo por 500 L, concluímos que encherá 60 caixas-d'água.

19. Alternativa E. O volume de leite, em mililitro (mL), enviado para análise é 4.000.000 mL. Dividindo pelo número de embalagens (4.000), chegamos a 1.000 mL por embalagem.

20. Alternativa D. Volumes respectivos dos vasos X, Y e Z: 4 L, 7 L e 20 L. Alturas das plantas nessa ordem: 0,6 m, 1,2 m e 0,9 m.

21. Alternativa D. As possibilidades são encher completamente um recipiente ou transferir o conteúdo total de um recipiente para outro. Assim, a sequência sugerida é: esvaziar, na quinta etapa, a garrafa com capacidade de 800 mL, transferindo os 300 mL de azeite que nela se encontram para a garrafa cuja capacidade é de 500 mL. Finalmente, na sexta etapa, poderemos despejar o azeite da lata na garrafa com capacidade de 800 mL até que esta seja preenchida integralmente, restando na lata 100 mL.

Dialogando com o texto – item 8

a) Proveta é um cilindro graduado com pedestal, usado para leituras de volumes de líquido.

b) O uso do botão garante que, na ausência de objeto sobre o prato da balança, a massa medida seja zero. Além disso, para que a massa de um recipiente não seja considerada na medição, a balança é zerada após colocar o recipiente vazio sobre o prato.

c) Mede-se a massa do parafuso com a balança (corretamente zerada antes da medição). Coloca-se água na proveta até uma determinada marca. Mergulha-se o parafuso, de modo que ele fique totalmente submerso e lê-se o novo nível. Por diferença, tem-se o volume do parafuso. A divisão da massa pelo volume fornece a densidade.

Estratégia de estudo – Interpretação de gráficos

Aproveite o trabalho com a proporcionalidade direta entre massa e volume (*Em destaque* do item 8) e dê continuidade revisando com os estudantes como se analisam tendências de variação por meio do texto dessa seção.

Aplicando conhecimentos

22. O chantili apresenta menor densidade, pois, considerando-se uma porção inicial de creme de leite que foi batido até formar chantili, a massa da amostra mantém-se praticamente a mesma, mas o volume final é maior do que o inicial.

23. Uma barra de ouro: $m = d \cdot V = 19{,}3\ g/cm^3 \cdot 1 \cdot 10^3\ cm^3$
Isso resulta em 19.300 g, ou 19,3 kg. O indivíduo corre carregando 193 kg (dez barras), situação que não é plausível.

Atividade prática – O estouro da pipoca

É de se esperar que, entre outras, as seguintes observações sejam: há aumento de volume, há produção de ruído, é um processo súbito, textura muda de rígida para macia, calor é necessário, odor é sentido, a densidade inicial é maior que a densidade final, mudança de formato, óleo ou manteiga podem ser frequentemente usados, os grãos adquirem velocidade, água se condensa na tampa da panela (ou na porta do micro-ondas), mudança de cor, pipoca pronta parece ter sido "invertida" e alguns grãos não estouram.

Como afirma a BNCC, "poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos" (BNCC, 2018, p. 547) e "a elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico" (BNCC, 2018, p. 548). Perceba que a relevância da atividade está no processo, na metodologia, nas ações de observar, conjecturar, debater, propor e argumentar.

Sobre a conjectura de quais substâncias devem existir dentro do grão de milho, espera-se a conclusão de que a água é certamente uma delas. Afinal, há um embrião vegetal vivo dentro dessa estrutura – o grão é um fruto e parte dele é uma semente –, que pode germinar em condições adequadas.

Antes de as equipes se reunirem para propor uma hipótese, você pode sugerir aos estudantes que investiguem qual é a temperatura que o óleo de cozinha, ainda líquido, pode atingir no aquecimento. Os valores de temperatura de ebulição variam em função do óleo (e também por ser uma mistura, que não apresenta temperatura de ebulição constante), mas são frequentemente superiores a 200 °C. (De fato, ao fazer frituras, deve-se evitar passar de 180 °C ou 190 °C para não ocorrer decomposição do óleo com liberação de acroleína, que é tóxica.)

Assim, espera -se que os estudantes proponham que o aquecimento do grão, no óleo quente ou no micro-ondas, provoca ebulição da água. O vapor, contudo, fica retido dentro da casca, aumentando a pressão interna até que ela se rompa. Nesse evento, há súbita expansão do vapor liberado e, como ele está entremeado às reservas nutritivas do grão, estas se estufam.

Fragmentos da casca podem ser encontrados, e parte deles permanece aderida à pipoca pronta, cujo formato parece ter sofrido uma inversão de dentro para fora. O vapor de água liberado se condensa assim que é resfriado, o que pode ocorrer na tampa da panela, na porta do forno de micro-ondas e/ou na atmosfera.

Uma hipótese para explicar por que alguns grãos não estouram é que eles estão perfurados (por exemplo, carunchados). Para testar essa proposta, espera-se que os estudantes proponham pegar duas amostras de grãos, manter uma como controle e perfurar os grãos da outra com alfinetes e/ou rasgá-los com um estilete. **Atenção! Apenas o professor deve manusear essa lâmina!** Ao aquecer as amostras, apenas a que tem a casca íntegra produzirá pipocas. Por que o milho verde não estoura? Esperam-se propostas de que o milho verde tem baixo conteúdo de água e/ou sua casca não é suficientemente resistente.

Para conhecimento do docente, ambas as hipóteses são experimentalmente comprovadas. Também para sua informação, experimentos revelaram que, no momento do rompimento da casca, a temperatura interna é de cerca de 177 °C e a pressão é da ordem de 9,18 atm (MISHRA, G. *et al*. **Journal of Grain Processing and Storage**, [*s. l.*], v. 1, n. 2, p. 34-46, 2014.

Como parte final da atividade, oriente os estudantes a elaborar um relatório, conforme as sugestões apresentadas na primeira parte do texto *Relatório de atividade prática e artigo científico*, da seção *Em destaque* do item 3.

Atividades finais

1. Alternativa E. Se a embalagem não contivesse substância química alguma em seu interior, ela deveria estar totalmente vazia, não podendo sequer conter ar.

2. Alternativa A. É impossível que um pão seja feito sem que ocorram reações químicas. O que provavelmente se pretende dizer com uma frase é que o produto não contém substâncias químicas adicionadas que possam fazer mal ao consumidor.

3. O material que apresentar maior densidade terá menor volume e o que apresentar menor densidade terá maior volume. Assim, concluímos que o frasco **A** (maior volume de líquido) contém benzeno (líquido de menor densidade), o frasco **B** contém água, e o frasco **C** (menor volume de líquido) contém clorofórmio (líquido de maior densidade).

4. Alternativa B. A criança de 20 kg deve receber 10.000 mg ao dia. Multiplicando por 5, obtemos a dose para 5 dias: 50.000 mg ou 50 g. Como há 1 g em cada 1 mL, para 50 g, serão necessários 50 mL.

5. Alternativa D. Os volumes das moedas são:
Moeda A: $7\ mL - 5\ mL = 2\ mL = 2\ cm^3$
Moeda B: $10\ mL - 7\ mL = 3\ mL = 3\ cm^3$
Moeda C: $12\ mL - 10\ mL = 2\ mL = 2\ cm^3$
Moeda D: $16\ mL - 12\ mL = 4\ mL = 4\ cm^3$
Temos a massa de cada moeda, e, com ela, podemos calcular a densidade. Se resultar em 9 g/cm^3, é 100% cobre.
$d_A = 13\ g/cm^3$ (não é cobre)
$d_B = 9\ g/cm^3$ (é cobre)
$d_C = 5\ g/cm^3$ (não é cobre)
$d_D = 9\ g/cm^3$ (é cobre)

Referências suplementares

MARTINS, R. de A. Aspectos Apriorísticos da Ciência: Lavoisier e a Lei da Conservação da Massa em Reações Químicas. *In*: SILVA, A. P. B. D.; MOURA, B. A. (ed.). **Objetivos humanísticos, conteúdos científicos**: contribuições da história e da filosofia da Ciência para o ensino de Ciências. Campina Grande: EDUEPB, 2019. p. 11-51.

Auxilia abordar metodologia científica. Discute que a lei da conservação das massas, de Lavoisier, não foi uma conclusão de seus experimentos (visão empirista), mas postulada por ele.

PÉREZ, D. G. *et al*. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

Aborda visões distorcidas sobre a natureza das ciências e sobre o trabalho científico, que devem ser evitadas.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade. *In*: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A.; MACHADO, P. F. L. (ed.). **Ensino de Química em Foco**. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2019. v. único. p. 141-156.

Aborda como trabalhar com a História da Química sob a perspectiva da historiografia contemporânea.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **5**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas duas *Atividades em grupo* e na *Atividade prática*.

Capítulo 2 Elementos químicos e substâncias químicas

Objetivos do capítulo

- Compreender o que é uma reação química e reconhecer evidências que podem caracterizar sua ocorrência, sendo também capaz de distinguir casos em que tais evidências não estão associadas à transformação química.
- Distinguir símbolo de fórmula e compreender a finalidade dessas representações.
- Interpretar equações químicas e compreender que o balanceamento respeita a conservação dos átomos.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo introduz aspectos teóricos em nível atômico-molecular abordando a teoria atômica de Dalton e seu uso na interpretação de reações químicas: átomos se recombinam durante uma reação química e, como eles não são destruídos nem formados, a massa de reagentes é sempre igual à de produtos (conservação da massa). As moléculas de um composto químico são formadas por átomos unidos numa proporção bem definida de números inteiros (1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 2 : 3 etc.). Assim, não importando qual seja a massa da amostra de determinado composto que consideremos, a proporção entre as massas dos átomos presentes será sempre a mesma (proporções constantes), pois tal proporcionalidade decorre da massa individual dos átomos e da relação de números inteiros em que eles se combinam.

Com a teoria de Dalton, pôde-se inferir que dois elementos podem, eventualmente, formar mais de um composto. De fato, diversos casos são conhecidos (como H_2O e H_2O_2; SO_2 e SO_3; CO e CO_2), muitos deles evidenciados durante o século XIX. Percebe-se, aqui, o aspecto preditivo do raciocínio científico e a oportunidade de auxiliar os estudantes a "associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos" e "aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico" (BNCC, 2018, p. 323). Na época de sua proposição (primeira década do século XIX), a teoria daltoniana lançou clareza na distinção entre substâncias compostas e misturas.

Por dentro da BNCC

A temática, a abordagem e as atividades propostas neste capítulo oportunizam o desenvolvimento da **competência geral 2**, da **competência específica 3** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202**, **EM13CNT205**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307** e **EM13CNT309**.

A seção *Em destaque* intitulada *Muitas coisas custam mais do que pensamos* propõe a pesquisa sobre o ciclo de vida de produtos de uso cotidiano, de seus custos ocultos e seu impacto ambiental, relacionando-se aos **ODS 9**, **12** e **13**.

Atividade prática – Efervescência

Os estudantes observarão a liberação de gás carbônico (efervescência) na reação que ocorre ao misturar bicarbonato de sódio e vinagre. Essa reação pode ser assim equacionada:

$$NaHCO_3(aq) + CH_3COOH(aq) \rightarrow Na(CH_3COO)(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

A intenção é observar uma das evidências da ocorrência de reação química, liberação de gás, permitindo o desenvolvimento do tema. Pode-se, após apresentar o conceito de reação química, equacionar a reação com os nomes das substâncias.

Aplicando conhecimentos

1. Quando uma folha de papel queima, as substâncias químicas que a formam deixam de existir e outras substâncias são formadas. Quando é rasgada, não há alteração das substâncias.
2. Na deterioração de um alimento, há indícios de que substâncias deixam de existir e de outras que são formadas; odor se altera de agradável para desagradável e ocorre mudança de coloração. Quando o gelo derrete, a substância que existia anteriormente, a água, apenas muda de fase.
3. **a)** Os sinais de mais indicam "e". A equação pode ser interpretada como "hematita e monóxido de carbono reagem para formar ferro e dióxido de carbono". **b)** Significa "reagem para formar" ou "reagem produzindo". **c)** Hematita e monóxido de carbono. **d)** Ferro e dióxido de carbono. **e)** Porque as substâncias iniciais são diferentes das substâncias finais.
4. Carvão e oxigênio reagem formando gás carbônico.
5. É a tinta preta do jenipapo. O trecho que indica a ocorrência da reação química é: "quando colocado em contato com a pele, se transforma em uma tinta preta". (O espalhamento propicia a exposição ao ar e reação com o gás oxigênio.)
6. Alternativa D. A expressão "a mistura ferveu", no contexto, é um modo não científico de dizer que houve reação química, com substância(s) gasosa(s) liberada(s). O trecho "fumaça asfixiante" indica liberação de gás ou gases tóxicos.
7. Alternativa B. Todas as recomendações apresentadas nas alternativas são importantes e devem ser seguidas. A que tem relação com a situação apresentada é a da alternativa B.

Atividade prática – Reação de decomposição

Os estudantes observarão a decomposição do peróxido de hidrogênio (da solução denominada água oxigenada), sob ação da catalase, enzima presente na batata (e em muitos outros seres vivos). Ao investigarem na literatura, deverão descobrir que a decomposição dessa substância produz água e gás oxigênio:

peróxido de hidrogênio → água + gás oxigênio.

Este último é o agente desinfetante que atua quando se emprega água oxigenada a 10 volumes (cerca de 3% em massa) para higienizar ferimentos superficiais.

Pode-se solicitar aos estudantes que expliquem se a reação em questão teria possibilitado aos químicos do passado inferir quais elementos químicos compõem o peróxido de hidrogênio. Em função da decomposição em água e oxigênio (e do conhecimento de que a água, por sua vez, pode ser decomposta em hidrogênio e oxigênio), espera-se que concluam que sim: essa reação poderia ter sido usada como evidência para inferir que os elementos constituintes são hidrogênio e oxigênio.

Dialogando com o texto – item 4

A atividade proposta auxilia na compreensão de que as entidades "pequenas" mencionadas no *Em destaque* não têm o mesmo tamanho, abrangendo diferentes ordens de grandeza.

Dialogando com o texto – item 5

A atividade convida os estudantes a buscar fotografias das substâncias simples formadas por alguns diferentes elementos químicos. É um pretexto para ajudá-los a desenvolver atitudes proativas na busca de informações iconográficas e a aproveitar os recursos da internet para seu aprendizado.

Aplicando conhecimentos

8. Os símbolos representam os elementos químicos. As fórmulas representam as substâncias químicas.

9. A fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$ indica que cada molécula de sacarose é formada por 45 átomos, sendo 12 do elemento carbono, 22 do elemento hidrogênio e 11 do elemento oxigênio.

10. Alternativa B. O modelo é de uma molécula formada por um átomo de flúor (F), um de nitrogênio (N) e um de oxigênio (O).

11. Alternativa D. A ilustração da amônia mostra três átomos de hidrogênio (H) e um átomo de nitrogênio (N); sendo assim, essa substância pode ser representada pela fórmula NH_3.

12. Alternativa C. A ilustração mostra uma molécula formada por um átomo de carbono (C), dois átomos de hidrogênio (H) e dois átomos de flúor (F); portanto, essa substância pode ser representada pela fórmula CH_2F_2. É uma substância composta.

13. a) É uma fórmula (que representa uma substância). **b)** Três.

14. a) Cinco. **b)** Carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), enxofre (S) e ferro (Fe).

15. H_2SO_4

16. a) NO **b)** NO_2 **c)** N_2O **d)** N_2O_3 **e)** N_2O_4 **f)** N_2O_5

17. a) CH_4 **b)** C_2H_6 **c)** C_3H_8 **d)** C_4H_{10} **e)** C_2H_4 **f)** C_2H_2 **g)** C_3H_6 **h)** C_6H_6

18. Nas substâncias puras, há uma composição bem definida, que se deve ao fato de as moléculas serem formadas por certo número bem definido de átomos de um ou mais elementos químicos. Já uma mistura, por ser formada por mais de uma substância, não apresenta uma composição bem definida.

19. Resposta pessoal, mas que deve respeitar o número e a variedade de átomos em cada molécula.

20. Alternativa B. Na representação, há vários modelos da molécula de H_2O, sem nenhuma molécula de outro tipo entre elas.

Em destaque – Diferença entre Ciência e pseudociência

Ao se discutir conhecimento científico e pseudociência, é importante demarcar alguns pontos críticos.

O primeiro é de que tudo que recebe o rótulo das "ciências", sendo chamado de "científico", tem espaço privilegiado em nossa sociedade. Mas é preciso analisar as raízes e consequências dessa visão. Nasce da necessidade cognitiva de um tipo de conhecimento diferente dos existentes na época para explicar a realidade (Araújo, 2006). No entanto, esse prestígio não pode corroborar uma aceitação acrítica e incondicional das ciências e um endeusamento dos cientistas, característico de visões distorcidas sobre a natureza das ciências.

A palavra "científico" não deve ser sinônimo de "correto" e "final/acabado". As ciências são construções humanas, portanto, embebidas de disputas, contradições e interesses (Carvalho, 2011). Por isso, o desenvolvimento científico deve ser criticamente analisado, pois, em um contexto político, social e econômico, pode, por exemplo, gerar impactos ambientais negativos, como no caso do uso de agrotóxicos denunciado por Rachel Carson, em seu livro *Primavera silenciosa*, em 1962 (comentado no Livro do Estudante, Capítulo 9).

Outro ponto é que as ciências oferecem uma forma eficiente de explicar a realidade, que deve sim ser chamada de científica, mas há também outras formas de interpretar a realidade. Tais interpretações são diferentes entre si, mas uma não deve ser considerada melhor do que a outra, pois são criadas e servem a contextos e finalidades distintas, portanto, não são hierarquizáveis. E, nem por isso, essas outras formas de conhecimento, como os conhecimentos tradicionais de povos indígenas, devem ser chamadas de pseudociência se elas não aspiram à posição de prestígio ocupada pelas ciências. Pseudociência, portanto, encontra-se naquilo que clama a autoridade científica e usa as evidências científicas de forma seletiva (cf. Allchin, D. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**, [*s. l.*], v. 13, n. 3, p. 179-195, 1 abr. 2004).

Para tentar separar o que é ciência e o que não é, Karl Popper (1902-1994) argumentava que uma teoria científica só poderia ser classificada como tal se pudesse ser falseada, isto é, se pudesse passar por tentativas de ser refutada com evidências empíricas e tivesse sucesso nesse processo. No entanto, há que se considerar possíveis limitações do falsificacionismo. As observações que poderiam refutar uma teoria também são, por sua vez, baseadas em teorias e, portanto, também têm certo grau de falseabilidade. Isso levaria a uma situação em que se poderia descartar a teoria ou a observação. Com isso, o próprio Popper reconhece que a base empírica da ciência não pode ser considerada absoluta (Chalmers, 1993).

Diante dessas pontuações, o professor pode realizar uma atividade sobre o assunto que demande o protagonismo e o pensamento crítico dos estudantes. Em grupos, peça a eles que identifiquem e diferenciem afirmações científicas de pseudocientíficas, com base nas reflexões propostas. Se possível, sugira a pesquisa na internet e reforce a necessidade de verificação das fontes de informação, tanto para classificar um material como científico quanto para considerá-lo integrante de uma prática pseudocientífica. Os grupos devem apresentar aos colegas suas seleções e justificativas. A justificativa da classificação das afirmações deve ser baseada em critérios como a possibilidade de falseamento, evidências empíricas e consistência com o conhecimento científico atualmente estabelecido.

Atividade em grupo – item 6

Na atividade, os estudantes devem construir modelos que representem as moléculas de reagentes e de produtos de reações químicas. Sua intervenção é importante para salientar a eles que se trata de um modelo, uma representação.

Saliente que, em uma reação química, ocorre **rearranjo** na maneira como os átomos estão ligados e que, assim, as moléculas de reagentes **transformam-se** em moléculas de produtos.

Aplicando conhecimentos

21. a) Reagentes: H_2 e Cl_2; produto: HCl. **b)** $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2\,HCl$

22. a) Reagentes: NO e O_2; produto: NO_2. **b)** $2\,NO + O_2 \rightarrow 2\,NO_2$

23. O balanceamento correto é: $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

24. Resposta pessoal, mas que deve respeitar o número e a variedade de átomos em cada molécula e o balanceamento.

25. "NO_2" indica uma molécula formada por três átomos, dos quais um é do elemento nitrogênio e dois são do elemento oxigênio; "$2\,NO_2$" indica duas moléculas de NO_2; e "N_2O_4" indica uma molécula formada por seis átomos, dos quais dois do elemento nitrogênio e quatro do elemento oxigênio.

26. O estudante deixou de representar a fórmula que representa substâncias envolvidas. Para balancear, o procedimento é acrescentar os coeficientes corretos: $N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$.

27. $C_3H_8 + 5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$
$2\,C_4H_{10} + 13\,O_2 \rightarrow 8\,CO_2 + 10\,H_2O$

28. O desenho **E** representa o sistema final, pois nele há 6 átomos do elemento representado pela cor amarela e 6 átomos do elemento representado pela cor lilás que estavam no sistema inicial. Todos os outros desenhos violam a conservação dos átomos e, portanto, não podem representar a situação final.

Em destaque – Muitas coisas custam mais do que pensamos

Nessa atividade, os estudantes investigarão problemas ambientais causados pela produção, uso, descarte e reciclagem de produtos. Consideremos a gasolina, por exemplo: os custos decorrentes do saneamento ambiental no caso de vazamentos de petróleo, da poluição do ar devido à sua combustão e de tratamentos de saúde por problemas respiratórios da população deveriam ser incluídos no preço.

Espera-se que os estudantes se posicionem a favor ou contra a inclusão de determinados custos para cada produto e apresentem argumentos para embasar sua opinião. E é relevante que eles percebam que a resolução de problemas ambientais esbarra em obstáculos financeiros. Como parte da argumentação, estimule-os a buscarem recursos digitais (infografias digitais, animações, vídeos) que evidenciem problemas socioambientais associados aos produtos e serviços. A seu critério, oriente-os a divulgar as conclusões para a comunidade, por meio de redes sociais.

Sugestão de atividade

Após o *Em destaque*, havendo possibilidade, pode-se fazer uma **visita guiada** às instalações de um fabricante de um dos produtos escolhidos ou a uma usina de reciclagem. O ideal é estabelecer parcerias interdisciplinares e propor as saídas ao elaborar o planejamento do ano letivo. O número de professores e demais agentes escolares que acompanharão os estudantes deve ser compatível com o tipo de atividade: os estudantes devem permanecer o tempo todo sob supervisão.

Sugestões para **operacionalização de visitas guiadas** são:

Antes da visita (1ª etapa): (1) Obtenha informações sobre o local de visitação. (2) Visite-o previamente para verificar a viabilidade e os detalhes. (3) Roteirize a visita e estabeleça objetivos. (4) Converse com os estudantes sobre a atividade em uma roda de conversa e lance informações motivadoras sobre o local a ser visitado, explicando, em linhas gerais, como será a visita.

Durante a visita (2ª etapa): (5) Acolha os estudantes. (6) Atente a aspectos relevantes ao chegar ao local, insistindo para que todos os estudantes sigam as orientações do educador que acompanhará seu grupo; nunca conte com o olhar atento dos colaboradores do local visitado; lembre-se de que a segurança dos estudantes é sua responsabilidade e dos demais agentes escolares envolvidos. (7) Ajude os estudantes a entender a visita. (8) Antes de deixar o local, estimule uma resenha, em uma roda de conversa, para fazer um balanço da visita.

Depois da visita (2ª etapa): (9) Realize uma retrospectiva da visita. (10) Proponha com clareza o trabalho a ser realizado. Explique detalhadamente qual é o trabalho que deverá ser feito, individualmente ou em grupos. Haverá uma entrega? Sob qual formato? Ocorrerá apresentação em sala? Estarão disponíveis tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) para uso no dia? Quais são os aspectos esperados nessa produção cultural? Como os estudantes serão avaliados em função desses aspectos? Se desejar oportunizar reflexões adicionais nos materiais a serem entregues ou na exposição a ser feita, proponha-as nesse momento. Estipule uma data para a entrega e/ou para a apresentação. (11) Realização das entregas/apresentações. (12) Faça uma amarração final.

Mundo do trabalho – Juventudes, consumo e vida profissional

As atividades promovem pertencimento dos estudantes à diversidade de juventudes e seus papéis sociais de cidadãos, consumidores e futuros participantes do mundo do trabalho.

1. Resposta pessoal. Destaque como o consumo consciente é escolha crítica de produtos e serviços, à luz dos princípios da sustentabilidade e das relações justas de trabalho, que podem orientar também as escolhas que farão no mundo do trabalho, conforme seus projetos de vida.
2. Resposta pessoal. Convide a turma a compor uma nuvem de palavras, expressando os aspectos a considerar nas escolhas profissionais. Na leitura da nuvem, destaque o que é mais representativo dos valores da turma.
3. Resposta pessoal. Procure destacar o papel das políticas públicas de cotas na correção de desigualdades étnico-raciais na educação e no trabalho.
4. Resposta pessoal. Convide um grupo a complementar a contribuição de outro, respondendo: o que nessa experiência inspira o protagonismo juvenil?

Atividades finais

1. **a)** Há substância pura (não misturada) e simples (formada por átomos de apenas um elemento químico) em **2** e **3**.
   b) Há substância pura (não misturada) e composta (formada por átomos de dois ou mais elementos químicos) em **1** e **4**.
   c) Misturas estão representadas em **5**, **6**, **7** e **8**.
2. **a)** Hidrogênio – H, flúor – F, oxigênio – O, carbono – C.
   b) 1: HF; 2: O_2; 3: O_3; 4: CH_4; 5: F_2 e O_2; 6: H_2, F_2 e HF; 7: O_2 e O_3; 8: CH_4 e C_2H_2.
3. **a)** Nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, argônio, carbono, hélio, neônio, criptônio, xenônio, radônio e enxofre.
   b) N_2, O_2, Ar, He, Ne, Kr, Xe, Rn e O_3.
   c) H_2O, CO_2, SO_2, SO_3, NO e NO_2.
4. Alternativa D. Considerando que as bolinhas azuis representam átomos do elemento X, que as verdes representam átomos do elemento Y, que as cinza-claras representam átomos do elemento Z e que as pretas/cinza-escuras representam átomos do elemento W, temos: $XY + YZW \rightarrow XW + Y_2Z$.
5. Alternativa C. A origem dos nomes é comum: a clorofila recebeu esse nome por ser verde, e o elemento químico cloro, por formar uma substância simples gasosa de cor verde.

Referências suplementares

ARAÚJO, C. A. Á. A ciência como forma de conhecimento. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 127-142, ago. 2006.

Artigo que apresenta as origens do conhecimento científico e das particularidades da ciência, distinguindo-a de outras formas de conhecimento.

CARVALHO, W. L. P. de. Elementos sociais para a compreensão do prestígio científico e de seus riscos. **Tecné, Episteme y Didaxis**: TED, Bogotá, n. 30, 27 jul. 2011.

Artigo que discute o prestígio da ciência, sua ampla aceitação, suas relações e impactos na sociedade.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993. v. único.

Livro que discute as características e práticas científicas, sob a perspectiva da Filosofia, até a construção do conceito do que seria ciência.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **4**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas duas seções *Atividade prática* e nas discussões em grupo.

Capítulo 3 Modelos atômicos e tabela periódica

Objetivos do capítulo

- Compreender os conceitos de número atômico e de número de massa e saber que o primeiro determina o elemento químico.
- Inferir os números de prótons, nêutrons e elétrons de um átomo neutro ou de um íon.
- Reconhecer a estrutura geral da tabela periódica e consultar nela informações sobre elementos químicos.
- Compreender que muitos elementos químicos têm dois ou mais isótopos naturais.
- Reconhecer fenômenos cotidianos que podem ser explicados por transições eletrônicas em átomos.
- Relacionar a distribuição eletrônica de elementos representativos à sua posição na tabela periódica.
- Ter uma noção sobre o modelo atômico mecânico-quântico.

Sugestões didáticas e comentários

Mediante a abordagem de alguns modelos atômicos, este capítulo possibilita aos estudantes a percepção de que o conhecimento científico é provisório e dinâmico.

Também permite salientar que o desenvolvimento de teorias e modelos se deve aos esforços coletivos de muitos cientistas: "a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições" (BNCC, 2018, p. 550).

Ao trabalhar a abertura do capítulo, é oportuno deixar claro que modelos correspondem a uma descrição simplificada de determinado sistema ou fenômeno, sendo **concepções** acerca da realidade e **não** a realidade propriamente dita. Ressalte que eles são elaborados com base em conhecimentos científicos e buscam representar características essenciais do objeto em estudo, conforme necessidades e conveniências específicas do estudo científico em questão. Modelos são desenvolvidos a partir de ideias dos cientistas e, por isso, independentemente da forma como são representados, partem de um modelo mental. Apesar de os modelos atômicos serem o enfoque do capítulo, é importante destacar que os modelos mentais podem ser expressos em diferentes formas, por exemplo, desenhos computadorizados, diagramas, gráficos e esquemas.

Por dentro da BNCC

A temática, a abordagem e as atividades propostas neste capítulo possibilitam o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **2**, **3**, **5** e **7**, da **competência específica 3** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT207**, **EM13CNT302**, **EM13CNT305**, **EM13CNT306**, **EM13CNT309** e **EM13LP45**. Também fornecem importantes subsídios que contribuem para o desenvolvimento, em Biologia, da habilidade **EM13CNT201**.

Quanto aos **TCT**, o capítulo inclui temáticas refentes a **Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais Brasileiras** (inserido na macroárea **Multiculturalismo**), **Educação em Direitos Humanos** (macroárea **Cidadania e Civismo**), **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) e **Saúde** (macroárea de mesmo nome).

Além disso, são tratados temas interligados aos **ODS 5** e **12**.

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

Aproveite para enfatizar que, em razão do caráter dinâmico das Ciências da Natureza, modelos são provisórios e tendem a ser modificados ou substituídos por outros modelos elaborados à luz de novos resultados experimentais. Os modelos atômicos buscam a consonância com dados experimentais e se embasam no conhecimento científico da época. Dessa forma, quando novos fatos surgem, um modelo deve ser ajustado ou, até mesmo, completamente substituído. Com essas considerações, o estudante poderá perceber que os modelos atômicos não são representações prontas e definitivas, mas explicações prováveis que preenchem alguns requisitos na época em que foram elaborados.

Atividade em grupo – item 1

A eletrosfera tem diâmetro de dez mil (10^4) a cem mil (10^5) vezes o do núcleo e, no modelo proposto, teria diâmetro de 50 m a até 500 m, evidenciando que, para manter a escala do modelo (como solicita a atividade), a escolha da miçanga para representar o núcleo atômico em um trabalho escolar **não** é adequada, pois inviabiliza a representação da eletrosfera em escala. A meta é concluir que os modelos apresentados imageticamente em livros e na internet estão normalmente fora de proporção, pois é impossível representar núcleo e eletrosfera na mesma escala, em uma folha de livro ou tela, de tal forma que o núcleo esteja bem visível. Se o diâmetro da eletrosfera for 20 cm (para caber em uma folha A4), o do núcleo será, no máximo, 0,02 mm, cerca de dez vezes menor que o ponto final desta frase.

Dialogando com o texto – item 2

Para os átomos eletricamente neutros da atividade, a expectativa é de que os estudantes cheguem a: K: 19 prótons e 19 elétrons; Ca: 20 prótons e 20 elétrons; Mg: 12 prótons e 12 elétrons; Al: 13 prótons e 13 elétrons; Cl: 17 prótons e 17 elétrons.

E, para os íons mencionados: K^+: 19 prótons e 18 elétrons; Ca^{2+}: 20 prótons e 18 elétrons; Mg^{2+}: 12 prótons e 10 elétrons; Al^{3+}: 13 prótons e 10 elétrons; Cl^-: 17 prótons e 18 elétrons.

Aplicando conhecimentos

1. **a)** Incorreta. **b)** Incorreta. **c)** Correta. **d)** Incorreta.
2. **a)** Sim. **b)** Sim. **c)** Não. **d)** Sim.
3. O número 24 é o número atômico (número de prótons no núcleo do átomo). O número 51 é o número de massa (soma dos números de prótons e nêutrons).
4. Pelos dados do enunciado: $Z = 35$ e $A = 35 + 46 = 81$. Consultando $Z = 35$ na tabela periódica: bromo (Br). Assim, a representação é $^{81}_{35}Br$.
5. 25 prótons, 30 nêutrons e 25 elétrons.
6. **a)** 6 prótons, 6 elétrons e 6 nêutrons. **b)** 8 prótons, 8 elétrons e 9 nêutrons. **c)** 7 prótons, 7 elétrons e 6 nêutrons. **d)** 13 prótons, 13 elétrons e 14 nêutrons.
7. $_9F^-$ tem 10 elétrons e $_{20}Ca^{2+}$ tem 18, portanto, mais.
8. O íon tem 53 prótons e 54 elétrons.
9. O íon tem 26 prótons, 24 elétrons e 30 nêutrons.
10. **a)** Cr^{3+}, Co^{2+}, Fe^{2+}, Ti^{4+}, Fe^{3+} e Mn^{3+}.
    b) crômio (Z = 24); cobalto (Z = 27); ferro (Z = 26); titânio (Z = 22); manganês (Z = 25).
    c) Cr^{3+}: 24 prótons e 21 elétrons; Co^{2+}: 27 prótons e 25 elétrons; Fe^{2+}: 26 prótons e 24 elétrons; Ti^{4+}: 22 prótons e 18 elétrons; Fe^{3+}: 26 prótons e 23 elétrons; Mn^{3+}: 25 prótons e 22 elétrons.

Em destaque – Comunidades Quilombolas

A abordagem das Comunidades Quilombolas nessa seção engloba as áreas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e de Linguagens e suas Tecnologias. Segundo o Censo 2022, a população quilombola do Brasil é de 1,32 milhão de pessoas, ou 0,65% do total de habitantes do país. Há 494 territórios quilombolas oficialmente delimitados, presentes em quase todos os Estados, menos no Acre e Roraima. Apenas 12,6% da população quilombola residiam em territórios oficialmente delimitados; 87,4% se encontravam fora das áreas delimitadas e reconhecidas.

Considerando tais dados e os frequentes casos de invasão de Comunidades Quilombolas, de assassinato de suas lideranças e de morosidade na legalização de seu território, podemos dizer que as maiores ameaças às Comunidades Quilombolas estão relacionadas à falta de regulamentação de suas terras e aos interesses que elas provocam em empresários, agricultores, pecuaristas, mineradores, governantes etc. Assim, é fácil entender por que a pesquisadora citada no segundo texto da seção estabeleceu como objeto de estudo responder em que medida conflitos fundiários afetam negativamente a saúde física e mental das Comunidades Quilombolas. Uma questão interessante que ela coloca é que não apenas os conflitos fundiários devem ser tratados para resolver o problema, mas também o racismo, que, por meio da propagação de discursos repletos de estereótipos e preconceitos, desumaniza as pessoas negras e "abranda", na recepção e sensibilidade da opinião pública, o fato de a população quilombola ter seus direitos violados.

O docente pode aprofundar o tema do racismo estrutural, historicizando-o, recuperando os conhecimentos dos estudantes sobre o desenvolvimento histórico de nosso país, que nos legou grandes desigualdades raciais, baseado, durante 400 anos, no trabalho escravo de cerca de 4,8 milhões de pessoas africanas (e seus descendentes). É importante frisar que, no Pós-Abolição, as pessoas negras não receberam nenhum tipo de reparação, nem acesso a escolas ou a bons salários e profissões dignas. Ao contrário, existiu uma política de branqueamento (que via, de forma preconceituosa, a miscigenação como uma solução para o "atraso brasileiro") associada ao incentivo governamental à importação de mão de obra de imigrantes brancos que teve preferência na contratação dos melhores postos de trabalho.

Sobre o termo "comunidade remanescente de quilombo", podemos dizer que ele é jurídico, visto que surgiu no artigo 68 da Constituição de 1988, sendo detalhado no Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003. Também é político, considerando que a referência aos quilombos (forma de resistência que existiu entre os séculos XVI e XIX, em que escravizados fugiam e criavam uma comunidade em um território, com sua própria organização social e formas de subsistência e, muitas vezes, praticando comércio com o seu entorno; também chamado de mocambo em documentos históricos) é usada pelos movimentos negros de forma afirmativa e identitária, traduzindo a resistência e as lutas do povo afro-brasileiro em busca de sua liberdade e dos seus direitos.

A seção oportuniza o desenvolvimento das **competências gerais 3** e **6**, das **competências específicas 1** e **6** de **Linguagens** e das habilidades **EM13LGG102** e **EM13LGG604**. São também acionadas na proposta as **competências específicas 1** e **6** de **Ciências Humanas** e as habilidades **EM13CHS102** e **EM13CHS601**. Sobre as atividades propostas na seção:

1. É uma instituição pública que tem por meta preservar e promover os valores históricos, culturais e sociais que vieram da influência negra na sociedade brasileira.
2. Espera-se que os estudantes expliquem que essa dívida se refere ao período de escravização, à desigualdade de oportunidades e às assimetrias sociais que persistem até hoje.
3. Resposta pessoal.
4. Resposta pessoal.
5. Resposta pessoal. O termo **necropolítica** foi criado em 2003 pelo filósofo, teórico político e historiador camaronês Achille Mbembe (nascido em 1957) e designa a utilização de poder social e político para determinar, em função de atitudes ou de omissões, quem pode permanecer vivo e quem deve morrer. São essas ações e omissões que potencializam riscos para a parte da sociedade que vive em condições precárias e/ou em situações de desigualdade, exclusão e violência.
6. Resposta pessoal.

Dialogando com o texto – item 3

Espera-se que os estudantes verifiquem que **sexismo** é uma forma de discriminação em função do gênero ou do sexo de alguém. O sexismo inclui a prática de objetificação e de discriminação das mulheres com o objetivo de estabelecer o papel social de cada gênero, lançando mão de estereótipos sobre como as pessoas de cada gênero devem falar, agir, pensar e se vestir.

A história da Ciência, assim como a da humanidade, está repleta de situações de discriminação contra as mulheres, a exemplo do caso envolvendo Lise Meitner. Outro caso bem documentado de sexismo envolveu o crédito da elucidação da estrutura do DNA. Ela foi atribuída, em 1953, a James Watson (nascido em 1928) e Francis Crick (1916-2004). Contudo, as conclusões que eles tiraram se fundamentavam no trabalho de diversos outros pesquisadores, entre eles em dados obtidos pela química britânica Rosalind Franklin (1920-1958), que estudou a estrutura dos ácidos nucleicos por difração de raios X. Hoje, a contribuição de Rosalind é amplamente reconhecida pela comunidade científica, mas o reconhecimento foi póstumo.

A atividade oportuniza **valorizar o protagonismo feminino** nas diversas áreas de atuação social, artística e profissional. Também suscita a oportunidade de enfatizar a igualdade entre todas as pessoas, independentemente de fatores como sexo, religião, características individuais e condição socioeconômica.

Educação Midiática – Engajando-se contra a misoginia

A atividade vai ao encontro do desenvolvimento das habilidades de educação midiática *análise crítica da mídia*, *cidadania digital* e *participação cívica*, presentes no esquema do texto *Visão geral da educação midiática* (Capítulo 1 do Livro do estudante). Se possível, convide o professor de Sociologia, Filosofia ou História para a mediação do debate, sendo crucial que tanto o tema da liberdade de expressão quanto o da misoginia, ambos complexos, sejam aprofundados ao longo das discussões. Pode ser utilizado o método da aula invertida, solicitando aos estudantes que se preparem previamente sobre o tema, lendo textos e assistindo a vídeos. Vale esclarecer que misoginia é distinta de sexismo. A misoginia, como o texto citado na seção traz, é o sentimento de animosidade e até ódio em relação às mulheres e ao universo feminino, que pode ser identificado em comportamentos e discursos machistas que visam à manutenção das desigualdades e da hierarquia entre os gêneros, justificado pela crença na superioridade masculina.

As respostas das atividades são pessoais.

São desenvolvidas na atividade a **competência específica 5** de **Ciências Humanas**, as habilidades **EM13CHS502** e **EM13CHS503**, as **competências específicas 2** e **3** de **Linguagens,** com foco nas habilidades **EM13LGG204** e **EM13LGG303**.

Atividade em grupo – item 3

Com a concepção de que é preciso possibilitar aos estudantes "compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas" (BNCC, 2018, p. 467), a atividade favorece a utilização de diversos conceitos estudados até aqui e o desenvolvimento de algumas habilidades relevantes. Como exemplos de situações importantes que podem ser levantadas pelos estudantes estão os impactos ambientais decorrentes da exploração de minérios e a possibilidade de esgotamento desses recursos, bem como a toxicidade de metais pesados que, uma vez extraídos e utilizados pelo ser humano, podem ser dispersos no ambiente e causar a intoxicação de diversas formas de vida. Sugira que, no caso de elementos associados a problemas socioambientais e a recursos não renováveis, os estudantes **proponham** possíveis alternativas à utilização do elemento químico, apresentando os **argumentos** em que se baseiam essas propostas.

Educação Midiática – Fragilidades argumentativas

A comparação de textos com o mesmo propósito comunicativo (divulgar conhecimentos científicos), mas que diferem quanto à qualidade da argumentação, permite relacionar os textos a fontes e mídias. Com base nos levantamentos e análises da turma, destaque como textos mal fundamentados evidenciam a pouca credibilidade da fonte/mídia em que foram originalmente publicados. Em um trabalho interdisciplinar com Língua Portuguesa, a atividade pode ser ampliada como um observatório de textos de divulgação do conhecimento científico. Para isso, os estudantes podem indicar temas contemporâneos (mudança climática, transição energética, desafios para a produção de alimentos etc.), acompanhar e analisar como estão sendo cobertos em *podcasts*, vídeos de divulgação científica, revistas científicas digitais e outras fontes/mídias. A partir dessas análises, poderão compor um pequeno guia comentado, identificando as melhores fontes de divulgação científica, considerando os temas escolhidos. Dessa forma, aprimora-se a habilidade de análise crítica de mídia, focando não apenas textos verbais escritos, mas também os orais e multissemióticos, favorecendo a habilidade **EM13LP31**, aspectos da **competência geral 5** e da **competência específica 7** de Linguagens.

As respostas das atividades são pessoais.

Aplicando conhecimentos

11. Todos, exceto Fe, Au e U.

12. Fe e Au.

13. U.

14. H, Na e K (grupo 1); Ca e Ba (grupo 2); O e S (grupo 16); F, Cl e Br (grupo 17); He e Ar (grupo 18).

15. H e He (1º período); C, N, O e F (2º período); Na, S, Cl e Ar (3º período); K, Ca, Fe e Br (4º período); Ba e Au (6º período).

16. a) Na e K. (O hidrogênio não é metal!) **b)** Ca e Ba. **c)** O e S. **d)** F, Cl e Br. **e)** He e Ar.

17. Na, K, Ca, Fe, Ba, Au e U.

18. Urânio, pois está no sétimo período, enquanto os demais estão até, no máximo, no sexto.

19. Os metais: Na, K, Ca, Fe, Ba, Au e U.

20. Alternativa D. Os metais nas caixas são: zinco, cobre, cromo, níquel, magnésio, chumbo, alumínio, ferro e cádmio.

21. Alternativa A. Dos elementos químicos citados, são metais: potássio, cálcio e magnésio.

22. Alternativa E. As "latinhas de refrigerante" são de alumínio (Al). Então, a meta do jogo é chegar a esse elemento químico, do grupo 13 e 3º período. Elza venceu da seguinte maneira: 4 pontos na primeira jogada: saiu do H e chegou ao K (no mesmo grupo); 6 pontos na segunda jogada: saiu do K e chegou ao Mn (no mesmo período); 6 pontos na terceira jogada: saiu do Mn e chegou ao Ga (no mesmo período); 1 ponto na quarta jogada: saiu do Ga e chegou ao Al (no mesmo grupo).

23. O hidrogênio leve.

24. a) Sim. **b)** Urânio-238, pois tem a maior abundância. **c)** Urânio-234, pois tem a menor abundância. **d)** Urânio-235.

25. Consultando a tabela periódica, obtemos o número atômico do argônio, $Z = 18$. Então, o átomo neutro tem 18 prótons, 18 elétrons e 22 nêutrons (isto é, 40 − 18).

26. O íon de ferro tem 26 prótons, 30 nêutrons e 23 elétrons e o íon de oxigênio tem 8 prótons, 8 nêutrons e 10 elétrons.

27. a) Todos os íons em questão ($^{204}Pb^{2+}$, $^{206}Pb^{2+}$, $^{207}Pb^{2+}$, $^{208}Pb^{2+}$, $^{204}Pb^{4+}$, $^{206}Pb^{4+}$, $^{207}Pb^{4+}$ e $^{208}Pb^{4+}$) têm 82 prótons.

b) O fato de um átomo se transformar em um cátion não afeta o núcleo, apenas a eletrosfera. Assim, os íons de ^{204}Pb têm 122 nêutrons, os de ^{206}Pb têm 124 nêutrons, os de ^{207}Pb têm 125 nêutrons e os de ^{208}Pb têm 126 nêutrons.

c) Um átomo neutro do elemento chumbo tem 82 elétrons; todos seus cátions bivalentes (carga 2+) terão 80 elétrons e todos seus cátions tetravalentes (4+) terão 78 elétrons.

28. São $^{9}_{4}Be$, $^{19}_{9}F$, $^{23}_{11}Na$, $^{27}_{13}Al$, $^{31}_{15}P$, $^{45}_{21}Sc$, $^{55}_{25}Mn$, $^{59}_{27}Co$, $^{75}_{33}As$, $^{89}_{39}Y$, $^{93}_{41}Nb$, $^{103}_{45}Rh$, $^{127}_{53}I$, $^{133}_{55}Cs$, $^{141}_{59}Pr$, $^{159}_{65}Tb$, $^{165}_{67}Ho$, $^{169}_{69}Tm$, $^{197}_{79}Au$ e $^{209}_{83}Bi$. (Eles serão objeto de discussão no item 1 do Capítulo 10.)

29. O único átomo de praseodímio que ocorre naturalmente é $^{141}_{59}Pr$. Os isótopos naturais do neodímio são: $^{142}_{60}Nd$, $^{143}_{60}Nd$, $^{144}_{60}Nd$, $^{145}_{60}Nd$, $^{146}_{60}Nd$, $^{148}_{60}Nd$, e $^{150}_{60}Nd$. Não há, entre eles, átomos com mesmo número de massa. Os que têm mesmo número de nêutrons (82) são: $^{141}_{59}Pr$ e $^{142}_{60}Nd$.

30. Representando os isótopos do hidrogênio por A, B, e C e os de oxigênio por X, Y e W, temos 18 possíveis moléculas de água: AXA, AXB, AXC, BXB, BXC, CXC, AYA, AYB, AYC, BYB, BYC, CYC, AWA, AWB, AWC, BWB, BWC, CWC.

31. As abundâncias dos isótopos do hidrogênio são: H-1, 99,99%, H-2, 0,01%, e H-3, traços (isto é, extremamente pequena). E a dos isótopos de oxigênio são: O-16, 99,757%, O-17, 0,038%, e O-18, 0,205%. A molécula mais provável é a que contém os isótopos mais abundantes, H-1 e O-16.

Em destaque – Um novo elemento químico na ficção

A atividade favorece o desenvolvimento da **competência geral 7**.

1. Ao verificar o número de prótons no núcleo do átomo. Se o novo elemento tem um número de prótons que não corresponde a nenhum elemento existente na tabela periódica, ele é, de fato, um novo elemento.
2. Resposta pessoal. O filme pode confundir o público sobre os verdadeiros riscos e aplicações do paládio, influenciando a percepção do público e tornando-a incorreta.
3. Filmes de ficção científica muitas vezes simplificam ou exageram o papel dos cientistas e da metodologia científica, apresentando descobertas como soluções rápidas e individuais em vez de um trabalho colaborativo e rigoroso. Isso pode levar a uma visão distorcida de como a ciência realmente funciona.

Atividade em grupo – item 5

Considerando a necessidade de que os estudantes sejam instados a buscar e investigar, em vez de receberem informações prontas, essa atividade propõe situações explicáveis com o conceito transição eletrônica. "Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente" (BNCC, 2018, p. 551). Além disso, a escola deve possibilitar aos estudantes "apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos" (BNCC, 2018, p. 467). Em todas as situações propostas na atividade, há excitação eletrônica (por energia proveniente de reação química, aquecimento em chama ou passagem de corrente elétrica) e, no retorno dos elétrons ao estado fundamental, ocorre emissão de luz.

Aplicando conhecimentos

32. Alternativa D. O modelo de Bohr considera que os átomos têm um núcleo pequeno, ao redor do qual movimentam-se elétrons em órbitas de energia quantizada.

33. Alternativa D. A emissão de luz visível ocorre quando elétrons excitados retornam a um estado de menor energia.

34. Alternativa B. Quando o sódio presente na água do cozimento do arroz pela adição de sal de cozinha (NaCl) entra em contato com a chama, átomos de sódio são excitados. Quando os elétrons excitados retornam ao estado fundamental, emitem luz visível (emissão de fótons).

35. Sim. O fato de estar no quinto período revela que o átomo de rubídio apresenta cinco camadas eletrônicas. E o fato de ser metal alcalino (grupo 1) revela que há um elétron de valência.

36. Sim. Os átomos (neutros) de elementos do grupo 14 apresentam quatro elétrons na camada de valência.

37. **a)** O primeiro elemento citado está no grupo 2 (dois elétrons na camada de valência) e no quarto período (quatro camadas eletrônicas). O segundo elemento citado está no grupo 15 (cinco elétrons na camada de valência) e no terceiro período (três camadas eletrônicas).

b) O primeiro é o cálcio (Ca) e o segundo é o fósforo (P).

38. **a)** Distribuição: K-2 L-6. **b)** Grupo 16.

39. **a)** Distribuição: K-2 L-4. **b)** Grupo 14.

40. Alternativa D. Os elementos químicos B, Ga e In têm 3 elétrons de valência, o Ge tem 4 e o P e o As têm 5. Poderão ser semicondutores do tipo *n* somente P e As.

Atividade em grupo – item 7

A meta da atividade é despertar nos estudantes o espírito crítico, a fim de que adquiram discernimento quanto a ofertas enganosas e potencialmente perigosas e, consequentemente, imunidade a elas. É oportuno lembrar que, segundo a BNCC, é dever da escola "estimular atitudes cooperativas e propositivas para o enfrentamento dos desafios da comunidade, do mundo do trabalho e da sociedade em geral, alicerçadas no conhecimento e na inovação" (BNCC, 2018, p. 465). Esteja atento ao fato de que não se trata de cercear o direito à liberdade de expressão, um princípio estruturante do conceito de democracia, garantido no país pela Constituição Federal, em seu artigo 5º, incisos IV e IX. A atividade direciona-se ao desenvolvimento de aspectos de educação midiática, visando à percepção de que existem ofertas de serviços flagrantemente enganosas, que usam ideias científicas fora de seu contexto de validade, e de que todo cidadão deve desenvolver discernimento acerca de ofertas desse tipo, a fim de não ser lesado.

Educação Midiática – Interpretação crítica de conteúdos da mídia

A atividade promove o *letramento da informação* e a *análise crítica de mídias* (ver *Educação midiática* do Capítulo 1). Mobilize a turma para construir uma pauta de perguntas/critérios. Possibilidades: O autor é referência no assunto ou cita fontes que são? Onde foi publicado? De que tenta convencer o leitor? Que tipos de argumentos usa? Há uso de recursos multimodais (cores, imagens, fotografias, ilustrações)? Que efeitos de sentido esses recursos provocam? As estratégias do texto são convincentes para influenciar o leitor? Pode haver riscos, se o leitor se deixar convencer? Com base na pauta, cada grupo pode eleger um texto para análise em rotação por estações. Ao final, sugira a discussão sobre as questões: Que textos se valem de estratégias parecidas? Qual é mais ético com o leitor? Por quê? Dessa forma, promove-se a **competência específica 7** de **Linguagens**.

As respostas das atividades são pessoais.

Atividades finais

1. Alternativa B. Espera-se encontrar "elementos com propriedades químicas semelhantes ao selênio" no mesmo grupo desse elemento (grupo 16). Consultando a tabela periódica, constatamos que S, Te e Po lá estão.

2. Alternativa D. O ar atmosférico contém predominantemente nitrogênio e oxigênio. Na tabela fornecida, esses elementos estão indicados, respectivamente, por "%" e "&".

3. **a)** Em ordem crescente de número atômico.

b) Halogênio: grupo 17; metal alcalino: grupo 1; metal alcalinoterroso: grupo 2; calcogênio: grupo 16; e gás nobre: grupo 18.

4. Alternativa C. O número de elétrons na camada de valência (última camada) indica ser halogênio (grupo 17). E o total de camadas eletrônicas (4) indica ser do quarto período.

5. Alternativa D. Os dois apresentam 7 elétrons na última camada, sendo, portanto, do grupo 17 (halogênios).

6. Alternativa D. Entre as ideias da Mecânica Quântica estão que a energia de sistemas atômico-moleculares é quantizada e que não é possível ter certeza simultaneamente da posição e da velocidade de um elétron em um átomo, mas é possível estimar a probabilidade de encontrá-lo em determinada região.

7. Alternativa E. Apenas o quinto postulado apresentado é aceito atualmente pela comunidade científica.

Referências suplementares

ASTOLFI, C.; NATÉRCIA, F.; PANAZZO, S. **Racista, eu?** Afrobrasilidades e a luta antirracista. São Paulo: Editora do Brasil, 2022.

Livro que pode oferecer subsídios para o trabalho com a seção a respeito das Comunidades Quilombolas.

IDENTIDADES de gênero. **Pró-reitoria de assuntos estudantis**. Belo Horizonte: UFMG, [2021]. Disponível em: https://www.ufmg.br/prae/diretoria-de-acoes-afirmativas/identidades-de-genero/. Acesso em: 12 out. 2024.

Material para uma introdução sobre identidades de gênero e liberdade de expressão.

MAGENTA, M. O que é liberdade de expressão. **BBC Brasil**, Londres, 8 set. 2022. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-62550835. Acesso em: 12 out. 2024.

Aborda limites e transformações referentes à liberdade de expressão na sociedade.

SANTOS, Y. L. **Racismo brasileiro**: uma história da formação do país. São Paulo: Todavia, 2022.

Propicia embasamento para a abordagem do racismo na seção sobre Comunidades Quilombolas.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **7**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nos debates propostos e nas *Atividades em grupo*.

Capítulo 4 Ligações químicas interatômicas

Objetivos do capítulo

- Adquirir noções sobre ligação iônica, ligação covalente e ligação metálica.
- Interpretar modelos moleculares e associá-los a fórmulas moleculares, eletrônicas e estruturais.
- Caracterizar uma substância como iônica, molecular ou metálica fundamentando-se em propriedades como condutividade elétrica nas fases sólida e líquida, temperatura de fusão e de ebulição, explicando a razão dessas propriedades.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo aborda modelos introdutórios referentes às ligações químicas interatômicas, enfocando casos em que o caráter da ligação é predominantemente iônico, covalente ou metálico. A foto e o texto de abertura do capítulo referem-se ao aço. Aproveite o momento inicial do capítulo para questionar aos estudantes se conhecem objetos feitos dessa liga e, em caso afirmativo, peça a eles que os enumerem. A seguir, questione por que, na opinião deles, os átomos se mantêm unidos em um pedaço de aço. Você pode também repetir o mesmo tipo de indagação para algumas substâncias que sejam conhecidas deles e citar exemplos significativos da ocorrência das ligações estudadas ao longo do capítulo. Por exemplo, o que mantém os átomos unidos no sal de cozinha, no açúcar, no gás oxigênio ou na água? Aproveite para coletar e registrar concepções prévias sobre a ligação estabelecida entre átomos para utilizá-los durante o desenvolvimento do capítulo.

São comuns concepções que transportam ideias inerentes ao nível empírico para o domínio atômico-molecular, tais como achar que pode haver algum tipo de cola que gruda os átomos ou alguma espécie de engate mecânico entre eles. Essas são concepções que os estudantes deverão superar com a sua intervenção pedagógica ao estudar este capítulo. As ligações químicas se originam invariavelmente de **interações de natureza elétrica**. No caso da ligação iônica, trata-se da atração entre íons de cargas de sinais opostos (item 3). No caso da ligação covalente, a união decorre de um compromisso envolvendo forças atrativas (entre elétrons compartilhados e núcleos atômicos) e forças repulsivas (elétron-elétron e núcleo-núcleo) (item 4). No caso da ligação metálica, a coesão que resulta no cristal metálico deve-se a forças atrativas existentes entre cátions metálicos e elétrons deslocalizados (item 6).

Essa percepção da origem elétrica das ligações químicas é de fundamental importância para que o estudo em questão não seja encarado como um conjunto de regras a memorizar, mas que seja decorrente da compreensão dos fundamentos envolvidos.

Ao docente, é oportuno esclarecer que os três casos estudados no Ensino Médio representam casos idealizados. O triângulo de van Arkel-Ketelaar (Fig. 1) é uma representação possível para ilustrar que a ligação entre átomos de um mesmo elemento químico ou de dois elementos químicos distintos pode apresentar características intermediárias entre os três casos. No triângulo, a posição referente a determinada ligação é indicada por um ponto cujas coordenadas são assim atribuídas: (1) na base do triângulo, pela média de eletronegatividade dos elementos envolvidos; (2) na direção perpendicular à base, pela diferença de eletronegatividade dos elementos ligados.

Assim, o extremo da ligação covalente ocorre na ligação entre átomos do elemento químico flúor na substância simples flúor, F_2, que corresponde ao vértice direito da base do triângulo. O extremo da ligação metálica ocorre no césio metálico, posicionado no vértice esquerdo da base (o frâncio é um elemento artificialmente sintetizado para estudos e que não aparece em substâncias empregadas em laboratórios). O extremo da ligação iônica se dá entre os elementos de maior diferença de eletronegatividade do diagrama, o césio e o flúor, na substância fluoreto de césio, CsF, posicionada no vértice superior do triângulo.

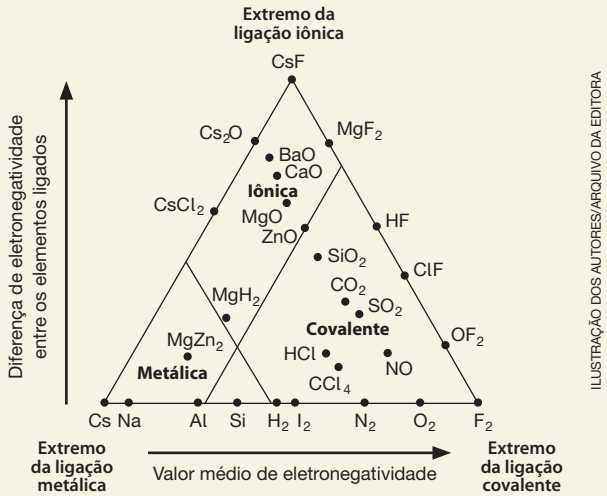


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: SPENCER, J. N. *et al*. **Chemistry, structure and dynamics**. 5. ed. Nova York: John Wiley, 2011. p. 198; RAYNER-CANHAN, G.; OVERTON, T. **Descriptive Inorganic Chemistry**. 6. ed. Nova York: Freeman, 2014. p. 80.

Figura 1 Triângulo de van Arkel-Ketelaar. As regiões são demarcadas com o caráter de ligação predominantemente.

Por dentro da BNCC

Este capítulo propicia o desenvolvimento das **competências gerais 4** e **5** e das habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307** e **EM13MAT315**.

A discussão de propriedades de materiais em função do tipo de ligação interatômica e a abordagem de pensamento computacional relacionam-se ao **TCT Ciência e Tecnologia**.

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 3

O primeiro *Dialogando com o texto* do item 3 exercita a consulta às distribuições eletrônicas (Capítulo 3) e/ou à tabela periódica e a subsequente elaboração de previsões sobre a carga, em ligação iônica, dos elementos apresentados: Li^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Al^{3+}, N^{3-}, O^{2-}, S^{2-}, Br^- e I^-. Revise em sala o significado das notações 2+, 3+, 2– e 3– que são sobrescritas à direita dos símbolos. Se houver conexão com a internet, o segundo *Dialogando com o texto* propicia a análise da estrutura de dois retículos cristalinos iônicos, o do NaCl e o do CaF_2.

Aplicando conhecimentos

1. **a)** Ao grupo 18, que é o grupo dos gases nobres.
b) Esse estabelecimento envolve a camada mais externa da eletrosfera, denominada camada de valência.
c) É a regra do octeto, segundo a qual um átomo estará estável quando sua última camada possuir 8 elétrons (ou 2, se for a camada K). Os átomos não estáveis se unem uns aos outros a fim de adquirir essa configuração de estabilidade.

2. Alternativa A. Átomos de bromo (Br, grupo 17) apresentam 7 elétrons de valência e, se receberem um elétron, ficam com a eletrosfera semelhante à de um gás nobre.

3. Alternativa B. O magnésio (Mg, grupo 2) tem 2 elétrons de valência. Se perder 2 elétrons, fica com eletrosfera de gás nobre.

4. Alternativa A. O lítio (Li, grupo 1) tem 1 elétron de valência e, se perder 1 elétron, fica com eletrosfera semelhante à do He.

5. **a)** O cálcio está no grupo 2 (metais alcalinoterrosos) e o oxigênio está no grupo 16 (calcogênios).
b) Ca^{2+} (o cálcio perde 2 elétrons e fica com 18, similar ao argônio); O^{2-} (o oxigênio recebe dois elétrons e fica com 10, como o neônio).

6. **a)** K^+; Br^-; KBr.
b) Ca^{2+}; Cl^-; $CaCl_2$.
c) Na^+; S^{2-}; Na_2S.
d) Mg^{2+}; O^{2-}; MgO.

7. K^+, Br^-, Cl^-, Na^+: monovalentes; $Ca^{2+}, O^{2-}, S^{2-}, Mg^{2+}$: bivalentes.

8. **a)** Sim, pois Q^+ e R^- formam o composto QR.
b) Não, pois Q^+ e R^{2-} formam o composto Q_2R.
c) Não, pois Q^{2+} e R^- formam o composto QR_2.
d) Sim, pois Q^{2+} e R^{2-} formam o composto QR.

9. A interpretação da fórmula dada é: $(Mg^{2+})_1 (Al^{3+})_2 (O^{2-})_x$.
Há 8 cargas positivas (dos cátions): $1 \cdot (+2) + 2 \cdot (+3) = +8$.
Como a carga total deve ser nula, deve haver 8 cargas negativas (dos ânions), o que é possível somente se x valer 4.

10. Alternativa B. Deduzimos da fórmula apresentada (X_2Y_3) que os íons presentes são X^{3+} e Y^{2-}. Um átomo eletricamente neutro de X perdeu 3 elétrons para originar o cátion. Assim, o átomo neutro de X apresenta 3 elétrons de valência. Um átomo neutro de Y recebeu 2 elétrons para originar o ânion. Assim, o átomo neutro de Y apresenta 6 elétrons de valência.

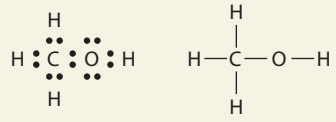
Estratégia de estudo – Leitura inferencial

A seção destaca a importância de conhecimentos prévios para a qualidade da leitura e o estabelecimento de inferências pelo leitor. Trabalhe essa seção com os estudantes, interpretando com eles a análise nela apresentada de um trecho extraído do próprio capítulo.

Atividade em grupo – item 4

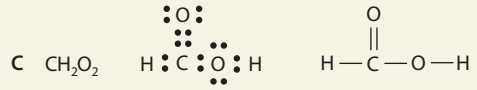
As substâncias **A**, **B** e **C** são, respectivamente, metanol (ou álcool metílico), metanal (ou formaldeído) e ácido metanoico (ou ácido fórmico), substâncias tóxicas que não devem ser mantidas ou utilizadas em instalações escolares de Ensino Médio.

A CH_4O



B CH_2O

C CH_2O_2



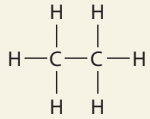
O metanol (CH_3OH) é um líquido inflamável e de toxicidade aguda. Causa danos a olhos, pele, sistema respiratório, sistema nervoso central e sistema digestório. A ingestão, ainda que em pequenas quantidades (30 mL a 100 mL), pode causar cegueira e morte. Doses não letais podem provocar náuseas, vômitos, dor de cabeça, dores abdominais, perturbações visuais (visão embaçada, sensibilidade à luz e cegueira) e depressão do sistema nervoso central. A inalação causa irritação da mucosa nasal, sonolência e efeitos similares aos da ingestão. É absorvível através da pele em quantidades suficientes para serem tóxicas e até letais.

O metanal (CH_2O) costuma ser comercializado em solução aquosa (a cerca de 37%) conhecida como formol ou formalina. É um líquido volátil cujos vapores têm odor penetrante e provocam grave irritação nos olhos e nas vias respiratórias, lesão nas mucosas e dificuldade para respirar. Ingerido ou inalado, provoca vômitos hemorrágicos, dor abdominal, danos aos rins e morte. Inalação ou contato com pele e olhos pode desencadear processos alérgicos que podem ser fatais.

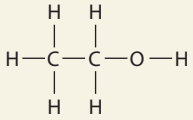
O ácido metanoico (HCOOH) é um líquido inflamável, tóxico e de elevado poder corrosivo sobre pele, mucosas e olhos. Se inalado, irrita as vias respiratórias, causando inflamação, espasmos de laringe e brônquios e edema pulmonar. O vapor é irritante à pele e aos olhos.

Aplicando conhecimentos

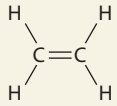
11. **A**



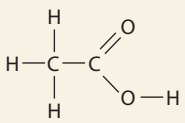
D



B



E



C

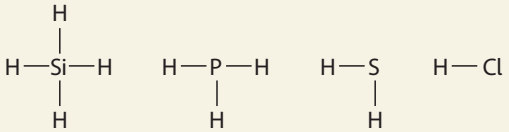
12. Nesses casos, hidrogênio, flúor, cloro, bromo e iodo têm valência 1, os de oxigênio e enxofre têm valência 2, os de nitrogênio têm valência 3 e os de carbono têm valência 4.

13. Alternativa E. Cada traço representa um par eletrônico.

14. Alternativa C. É a única em que as valências são respeitadas.

15. Alternativa A. Essa é a única fórmula com 10 elétrons e que respeita as valências comuns dos elementos em questão.

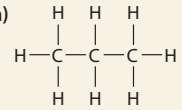
16. **a)** Na, grupo 1; Mg, grupo 2; Al, grupo 13; Si, grupo 14; P, grupo 15; S, grupo 16; Cl, grupo 17.
b) O sódio, o magnésio e o alumínio, pois são metais e têm tendência a formar cátions.
c) $(Na^+)_1 (H^-)_1 \Rightarrow NaH$
$(Mg^{2+})_1 (H^-)_2 \Rightarrow MgH_2$
$(Al^{3+})_1 (H^-)_3 \Rightarrow AlH_3$
d)

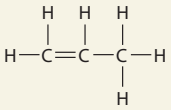


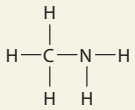
17. **a)** CBr_4 **b)** $MgCl_2$ **c)** K_2S **d)** NCl_3 **e)** $SiCl_4$ **f)** PF_3

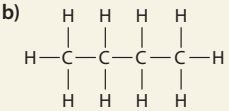
18. Alternativa D. São dois pares eletrônicos compartilhados entre N e N e entre N e O.

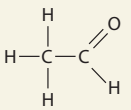
19. As fórmulas estruturais são:

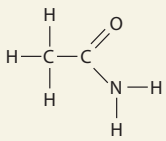
a)


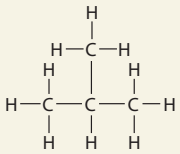
d)


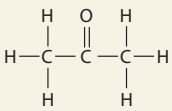
g)


b)


e)


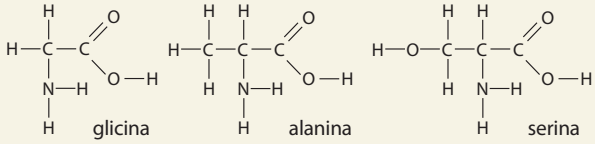
h)


c)


f)


20. a) Consultando o Quadro 2 do capítulo, verifica-se que a diferença de eletronegatividade entre os átomos ligados é inferior a 1,7. Assim, todas têm caráter covalente.

b) $N_2H_4 + 2\,H_2O_2 \rightarrow 4\,H_2O + N_2$

21.


22. Alternativa D. A representação apresentada é um fluxograma, ou seja, uma representação gráfica da sequência de etapas que constituem um algoritmo.

23. Alternativa B. A troca entre "SIM" e "NÃO" nos dois blocos de decisão (losangos) impediria que a meta do algoritmo fosse corretamente atingida por erro de lógica.

24. Serão registrados, em 8 linhas consecutivas, os símbolos do sódio (Na) ao argônio (Ar), elementos do terceiro período.

25. A variável *Z* deve ser inicializada em 57 (em vez de 11) e o teste da variável *Z* (losango) deve compará-lo a 71 (não a 18).

26. Uma possível resposta é:

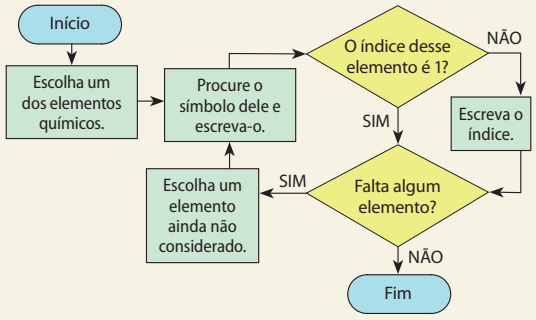


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

27. a) F **b)** F **c)** F **d)** V **e)** V **f)** V

28. Alternativa D. A mobilidade de alguns dos elétrons do retículo cristalino explica a condutibilidade elétrica dos metais.

29. Alternativa C. Das substâncias citadas, o único metal é o cádmio, que conduzirá a corrente elétrica melhor que as demais.

Atividade em grupo – item 7

1. A aplicação fundamenta-se no fato de o ouro ter elevadas ductilidade e maleabilidade, além da baixa tendência à oxidação, que implica durabilidade ainda que o metal esteja submetido a condições de umidade, salinidade e contato com oxigênio.

2. Fios elétricos são feitos de material condutor elétrico revestido de outro material, este isolante elétrico. Nas instalações elétricas de residências são usados fios de cobre (metal) revestidos com plásticos isolantes elétricos.

3. O concreto armado utiliza vergalhões de aço (liga ferro-carbono); o aço é resistente à tração, e o concreto (feito por mistura de cimento, areia, brita e água) é resistente à compressão. Além disso, aço e concreto se dilatam e se contraem igualmente quando submetidos a variações de temperatura.

4. A água pura, nas condições ambientes, apresenta condutividade elétrica extremamente baixa. Contudo, a "água" presente no cotidiano não é pura, mas geralmente contém sais minerais dissolvidos (é uma solução aquosa), o que aumenta milhares de vezes a condutibilidade elétrica do líquido.

Aplicando conhecimentos

30. Resposta possível: "existem substâncias químicas formadas por moléculas, mas existem também substâncias não constituídas de moléculas, por exemplo, as iônicas e as metálicas".

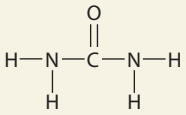
31. Brilho metálico característico, elevada condutividade elétrica e térmica, alta maleabilidade (facilidade de transformação em lâminas) e ductilidade (facilidade de transformação em fios).

32. O ouro (Au) é substância metálica e o iodo (I_2) é molecular. A previsão é que o ouro apresente maior temperatura de fusão.

33. O HBr (brometo de hidrogênio) é uma substância molecular e o KBr (brometo de potássio) é uma substância iônica. Espera-se, portanto, que a temperatura de fusão do KBr seja maior.

34. Zinco sólido, Zn (s): **A**; cloreto de sódio sólido, NaCl (s): **B**; água líquida, H_2O (l): **G**; dióxido de carbono gasoso (gás carbônico), CO_2 (g): **C**; dióxido de carbono sólido (gelo-seco), CO_2 (s): **E**; gás hélio, He (g): **F**; gás cloro, Cl_2 (g): **D**; bromo líquido, Br_2 (l): **H**.

Atividades finais

1.


2. O silício, do grupo 14, tem 4 elétrons de valência. O hidrogênio tem 1 elétron de valência. Assim, prevê-se a fórmula SiH_4.

3. Alternativa A. Não metais: C, H, N, Cl. Metal: Na. Portanto, as ligações em CH_4 e NH_3 são covalentes.

4. Alternativa E. As substâncias HCl, H_2O_2, NH_3 e CO_2 são constituídas de moléculas. A substância Al_2O_3 é constituída de cátions alumínio (Al^{3+}) e ânions óxido (O^{2-}).

5. Alternativa C. O elemento de número atômico 11 (sódio) está no grupo 1 e o de número atômico 8 (oxigênio) está no grupo 16. O composto é iônico, tem fórmula A_2B (Na_2O), é sólido a 25 °C e 1 atm, apresenta temperatura de fusão relativamente alta e é condutor de corrente elétrica quando fundido.

6. Alternativa A. Compostos iônicos apresentam, de modo geral, elevadas temperaturas de fusão e de ebulição.

7. Alternativa A. A formação de íons é um fenômeno que envolve a eletrosfera dos átomos, mas nenhuma mudança no núcleo.

8. Alternativa E. O enxofre (grupo 16) tem 6 elétrons de valência e o potássio (grupo 1) tem 1 elétron de valência.

9. Alternativa C. A substância **X** é iônica, pois conduz eletricidade em fase líquida e não na sólida. Já **Y** é molecular, pois não conduz eletricidade em nenhuma das três fases.

10. Alternativa D. A figura **I** representa estrutura característica dos metais, como o ferro; **II** representa um retículo iônico, como o do cloreto de sódio; **III** representa moléculas.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que justifiquem as respostas das atividades finais **1**, **2**, **3**, **7**, **9** e **10**, o que possibilita avaliar a aprendizagem dos aspectos mais relevantes deste capítulo.

Capítulo 5 Fundamentos dos compostos orgânicos

Objetivos do capítulo

- Interpretar fórmulas estruturais de compostos orgânicos.
- Identificar e representar a cadeia carbônica de um composto orgânico a partir de sua fórmula estrutural.
- Reconhecer a presença de anel benzênico na fórmula estrutural.
- Compreender os principais termos empregados para designar atributos de uma cadeia carbônica.
- Saber o que são polímeros.

Sugestões didáticas e comentários

Uma das metas do estudo de Ciências da Natureza é capacitar os estudantes a buscar e compreender informações científicas e tecnológicas relevantes. O estudo deste capítulo possibilitará a eles a compreensão de fórmulas estruturais encontradas em livros técnicos, enciclopédias e páginas da internet, propiciando autonomia na busca de informações referentes à Química.

Algumas perguntas são formuladas no final do texto de abertura, e sugerimos que você as proponha em sala de aula e estimule os estudantes a responder em voz alta e a registrar as respostas no caderno. Mediante as respostas dos estudantes, você poderá sondar concepções prévias acerca das representações estruturais orgânicas e aproveitá-las para o desenvolvimento do capítulo. Ao final do capítulo, retome com eles as respostas, estimulando-os a reformulá-las.

Esteja atento a manifestações de ansiedade de estudantes perguntando se precisam memorizar as fórmulas estruturais apresentadas. Explique a eles que isso não é necessário, e que a meta central do capítulo é capacitá-los a interpretar essas informações; "vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente" (BNCC, 2018, p. 551).

No tocante à interpretação de fórmulas estruturais, ao reconhecimento de atributos das cadeias carbônicas e à terminologia empregada no capítulo, é conveniente ponderar que: "Diante da diversidade dos usos e da divulgação do conhecimento científico e tecnológico na sociedade contemporânea, torna-se fundamental a apropriação, por parte dos estudantes, de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo cidadão" (BNCC, 2018, p. 551). Além disso, a escola deve possibilitar aos estudantes "conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos" (BNCC, 2018, p. 467).

Considerando o arcabouço conceitual relativo a este capítulo, a aquisição da capacidade de se expressar por meio da utilização de representações científicas e termos técnicos deve ser valorizada nesse processo, pois, conforme a BNCC, o Ensino Médio deve "promover a compreensão e a apropriação desse modo de 'se expressar' próprio das Ciências da Natureza pelos estudantes", cujo texto ainda acrescenta que isso significa garantir "o envolvimento em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico" (BNCC, 2018, p. 551-552). Nesse sentido, a atividade de divulgação científica proposta na *Atividade em grupo* do item 6 representa um passo importante, entre outros aspectos, para desenvolver essa capacidade de expressão e para garantir o engajamento ativo e o protagonismo na aquisição e divulgação do conhecimento científico.

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento das **competências gerais 3**, **5** e **7**, assim como das habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT207**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT307**, **EM13CHS304**, **EM13CHS601** e **EM13LP17**.

As *Atividades em grupo* propostas incluem assuntos relativos aos **TCT: Educação Alimentar e Nutricional** (macroárea **Saúde**), **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) e **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome).

Resoluções e comentários

Em destaque – Você conhece o Acarajé?

A seção favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS104** de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, uma vez que convida os estudantes a analisarem o acarajé como parte da cultura imaterial da Bahia e envolve conhecimentos, valores, crenças e práticas que caracterizam a identidade afro-brasileira e a diversidade cultural brasileira.

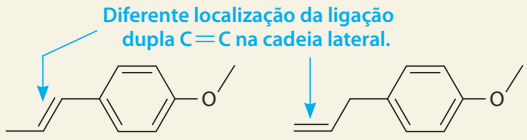
O professor pode estimular os estudantes a identificarem e analisarem as demandas e o protagonismo das baianas do acarajé, as africanas e suas descendentes, durante a escravidão, ao administrarem os terreiros religiosos, criando espaços de reza e de lazer, ao trabalharem na venda do acarajé para obter recursos próprios em busca de alforria e ascensão econômica e/ou angariar dinheiro para financiar os custos dos rituais do candomblé.

Também pode ser avaliado e discutido o protagonismo contemporâneo dessas mulheres afrodescendentes, analisando-se a resistência delas para manter as práticas e os espaços sagrados das religiões de matriz africana, além de integrarem o processo de patrimonialização do ofício do acarajé, cuja proposta inicial se deu em conjunto da Associação das Baianas de Acarajé, Mingau, Receptivos e Similares (Abam) da Bahia, do Terreiro Ilé Axé Opô Afonjá (no mesmo estado) com o Centro de Estudos Afro Orientais (CEAO), da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da UFBA. Dessa forma, mobiliza-se a habilidade **EM13CHS601**.

As respostas das atividades são pessoais. Esperam-se respostas que valorizem as raízes culturais brasileiras.

Atividade em grupo – item 1

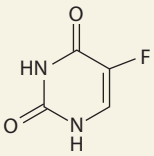
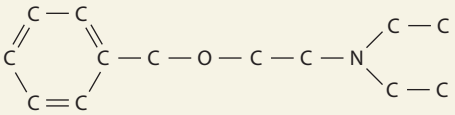
As fórmulas estruturais às quais se espera que os estudantes cheguem, em sua pesquisa, são:



anetol estragol

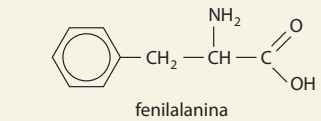
A diferença entre as duas está na localização de uma dupla ligação entre átomos de carbono da cadeia lateral de três carbonos. A expectativa é de que as equipes deduzam que as duas substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, $C_{10}H_{12}O$. Quanto à última indagação (A fórmula molecular, isoladamente, é suficiente para designar de modo inequívoco essas substâncias?), espera-se que os estudantes concluam que não, pois há a possibilidade de diferentes maneiras de ligação entre um mesmo número de átomos. Atividades como essa devem ser estimuladas para **realização em grupo**, porque é um dos deveres da Educação Básica "promover a aprendizagem colaborativa, desenvolvendo nos estudantes a capacidade de trabalharem em equipe e aprenderem com seus pares" (BNCC, 2018, p. 465).

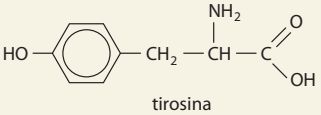
Aplicando conhecimentos

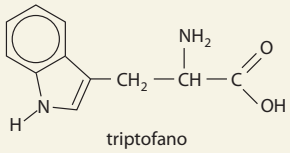
1. Todas as fórmulas representam o ácido acético.
2. 
3. Alternativa B. Aromatizante de abacaxi: $C_6H_{12}O_2$; aromatizante de banana: $C_7H_{14}O_2$.
4. Alternativa E. Deduz-se que a fórmula molecular é $C_8H_{10}N_4O_2$.
5. A interpretação das fórmulas apresentadas permite deduzir as respectivas fórmulas moleculares. **A**: $C_5H_{12}O$; **B**: $C_5H_{10}O$; **C**: C_5H_8O; **D**: $C_6H_{14}O$; **E**: $C_8H_{10}O$; **F**: $C_8H_{14}O$; **G**: $C_6H_{10}O$; **H**: $C_6H_{12}O$; **I**: $C_6H_{10}O$. Assim, concluímos que têm mesmo número de átomos de carbono: **A**, **B** e **C**, com 5 átomos de carbono em cada; **D**, **G**, **H** e **I**, com 6 átomos de carbono em cada; e **E** e **F**, com 8 átomos de carbono em cada.
6. Existem mais átomos de hidrogênio na molécula **A**.
7. A fórmula molecular de **I** é igual à de **G**, $C_6H_{10}O$.
8. A molécula **C** é a que tem menos átomos de hidrogênio: oito.
9. A fórmula molecular não mostra como os átomos estão ligados. Como há diversas possibilidades, conclui-se que a fórmula molecular $C_6H_{10}O$ não é suficiente para identificar de modo inequívoco a substância presente no frasco.
10. A afirmação é correta, pois a fórmula molecular da teobromina é $C_7H_8N_4O_2$ e a da teofilina também.
11. Apenas **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **G** e **H** representam o propeno.
12. A cadeia contém 7 átomos : C—C—C—C—O—C—C.
13. 
14. Alternativa A. Cada valência livre indicada conterá um H.
15. Alternativa D. Considerando as quatro ligações estabelecidas pelo átomo do elemento químico carbono, a primeira molécula conterá 8 átomos de hidrogênio, e a segunda, 12.
16. A cadeia carbônica da piretrina I contém 21 átomos de carbono e 1 heteroátomo. Já a cadeia carbônica do fenvalerato contém 25 átomos de carbono e 2 heteroátomos. Então, as respostas são: **a)** fenvalerato; **b)** fenvalerato.
17. Na molécula há 4 carbonos primários, 6 secundários, 4 terciários e 1 quaternário.

Atividade em grupo – item 3

Na atividade, os estudantes são instigados a pesquisar a fórmula estrutural dos vinte aminoácidos presentes em proteínas e verificar que existe anel benzênico em três: fenilalanina, tirosina e triptofano.


fenilalanina


tirosina


triptofano

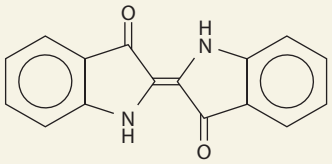
A fenilalanina e o triptofano são considerados aminoácidos essenciais; devem estar presentes na alimentação humana porque não podem ser sintetizados pelo nosso metabolismo. Já a tirosina não é um aminoácido essencial, o que vai ao encontro da informação de que o metabolismo humano pode, em certos casos, substituir um —H do anel benzênico por um grupo —OH. Comparando a fórmula estrutural da fenilalanina com a da tirosina, percebe-se que a tirosina pode ser considerada proveniente da fenilalanina mediante a substituição de um hidrogênio do anel aromático do anel benzênico por um grupo —OH.

Aplicando conhecimentos

18. Alternativa A. A fórmula molecular é $C_{11}H_{15}NO_2$.
19. C_8H_8.
20. **a)** $C_{12}H_{12}N_2O_3$; **b)** Sim.
21. Serotonina: $C_{10}H_{12}N_2O$; melatonina: $C_{13}H_{16}N_2O_2$; **a)** 3; **b)** 4.

Atividade em grupo – item 4

Espera-se que os estudantes concluam que a cadeia carbônica do composto é insaturada, heterogênea e cíclica ramificada.


índigo *blue*

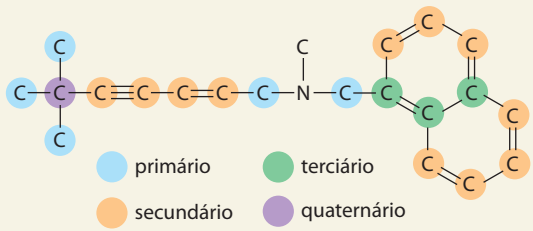
Com relação à obtenção por via sintética, os estudantes poderão descobrir, na pesquisa, que ela é mais prática e barata do que a extração natural a partir da anileira. Isso possibilita a discussão de que o uso adequado dos conhecimentos químicos permite a produção de compostos de interesse de modo mais simples, menos poluente e sem implicar danos aos seres vivos.

Estratégia de estudo – Fichamento de conteúdos

Ressalte a importância da organização ao estudar qualquer área. Em Ciências da Natureza, a assimilação de conceitos não ocorre somente por meio do entendimento de definições, mas também pelo trabalho com exemplos. A técnica do fichamento de conteúdos, apresentada na seção, favorece essa assimilação. Além disso, o domínio dessa técnica possibilitará a expansão do repertório de estratégias, por exemplo, nos Capítulos 6, 10 e 11, com listas de tópicos, mapas mentais e mapas conceituais.

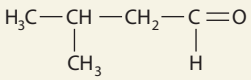
Aplicando conhecimentos

22. Aberta, homogênea, insaturada e ramificada.
23. Fechada (cíclica), homogênea e insaturada.
24. **a)** É a substância presente em um medicamento que é responsável pela atuação terapêutica. **b)** $C_{21}H_{25}N$. **c)** A cadeia carbônica do composto é constituída por 21 átomos do elemento químico carbono e 1 átomo do elemento químico nitrogênio.
25. Espera-se a elaboração de um esquema similar ao seguinte:

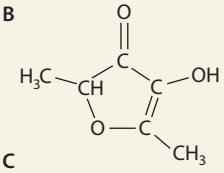


26. Cíclica ramificada, heterogênea, insaturada.

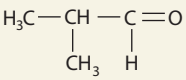
27. **A**



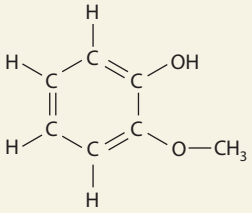
B



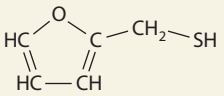
C



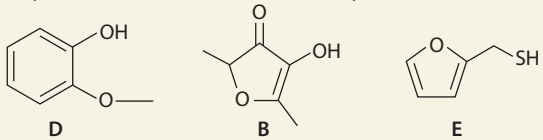
D



E



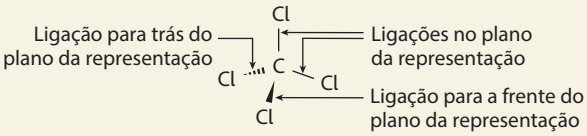
28. **D** apresenta anel benzênico; **B** e **E** apresentam heterociclo:



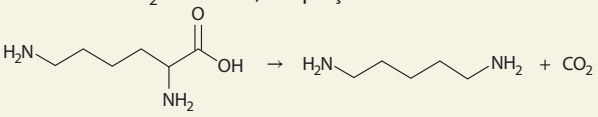
D **B** **E**

29. Considerando os átomos de carbono da molécula no plano do papel, a ligação de um deles com o grupo OH está direcionada para a frente desse plano, o mesmo ocorrendo com a ligação entre outro dos átomos de carbono e o grupo NH_2.

30. Alternativa D.

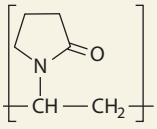


31. A fórmula molecular da lisina é $C_6H_{14}N_2O_2$ e a da cadaverina é $C_5H_{14}N_2$. Pela conservação dos átomos, o outro produto deve ter fórmula CO_2. Portanto, a equação solicitada é:



32. **a)** Os grupos CH_3 se localizam à frente do plano da representação. **b)** Os átomos de hidrogênio estão atrás desse plano.

33.



Atividade em grupo – item 6

A proposta é a elaboração de um vídeo de divulgação científica. Essa modalidade de trabalho se insere no estudo de Ciências da Natureza, indo ao encontro do preconizado na BNCC, que afirma ser atribuição da escola possibilitar aos estudantes "apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos e apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização" (BNCC, 2018, p. 467). Estimule os estudantes a seguirem as sugestões da seção *Educação midiática* deste capítulo. Essa seção será mencionada no Livro do Estudante todas as vezes em que uma atividade envolver produção de vídeo.

O engajamento na produção desse tipo de vídeo gera comprometimento dos estudantes com a atividade e pretende motivar a busca por informações referentes aos polímeros, suas características, importância, produção e aplicabilidade no cotidiano. Procure despertar o interesse de cada um em conhecer a presença dos polímeros no cotidiano, sobre o que cabe lembrar que a "contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras" (BNCC, 2018, p. 549).

Incentive os estudantes a investigar a toxicidade dos polímeros, de sua produção e/ou do seu descarte incorreto, bem como a proporem soluções para os problemas decorrentes de tecnologias associadas aos polímeros, argumentando em favor de suas propostas. Valorize as iniciativas nesse sentido e ressalte, na discussão em sala, que as inovações tecnológicas podem trazer vantagens e desvantagens, o que exige permanente atenção da sociedade aos seus prós e contras.

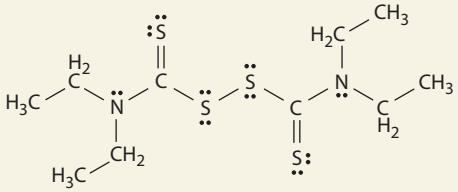
Atividades finais

1. Alternativa B. A dedução se faz a partir da valência do carbono.

2. Alternativa A. Um átomo de carbono quaternário está ligado a quatro outros átomos de carbono.

3. **a)** $C_{10}H_{20}S_4N_2$

b) 10 pares de elétrons não compartilhados:



c) Não, pois o elemento químico oxigênio estabelece duas ligações covalentes, e não três, como o nitrogênio.

4. **I.** C_5H_{10}; **II.** C_5H_6; **III.** C_8H_{18}; **IV.** $C_{13}H_{16}$.

5. Alternativa D. Há duas ligações duplas C=C e duas ligações duplas C=O na molécula; portanto, quatro ligações duplas ao todo. Existem 12 átomos de carbono na parte cíclica da cadeia carbônica do composto e 2 átomos de carbono em ramificações CH_3; portanto, 14 átomos de carbono ao todo.

6. Alternativa C. A cadeia carbônica da molécula é heterogênea porque inclui heteroátomos (os dois átomos de nitrogênio); é saturada porque não contém ligação dupla (note que a dupla C=O não se inclui na cadeia, já que o oxigênio não está entre carbonos); e é ramificada (cíclica ramificada), pois há quatro átomos de carbono que não fazem parte do ciclo.

Referências suplementares

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan). **Ofício das baianas de acarajé**. Brasília, DF: Iphan, 2007. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Dossie_oficio_baianas_acaraje.pdf. Acesso em: 12 out. 2024.

Documento que apresenta a importância cultural e histórica das baianas do acarajé e serve para apoiar as atividades da seção *Em destaque* do item 1.

MUSEU DAS BAIANAS DE ACARAJÉ. **Histórias, Memórias e Acervos do Memorial das Baianas de Acarajé**. Disponível em: https://museudasbaianasdeacaraje.com.br/. Acesso em: 12 out. 2024.

Este *site* é um museu digital que apresenta informações sobre a cultura e a história das baianas que produzem e preservam a tradição do acarajé.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **6**, o que possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas quatro propostas das seções *Atividade em grupo*.

Capítulo 6 Geometria molecular e interações intermoleculares

Objetivos do capítulo

- Empregar a teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência para determinar geometria de moléculas.
- Empregar considerações de simetria para determinar se uma molécula é polar ou apolar e conhecer a influência da polaridade na miscibilidade de dois líquidos.
- Determinar o tipo predominante de interações intermoleculares existentes em uma substância e interpretar sua influência em algumas propriedades dessa substância.

Sugestões didáticas e comentários

Neste capítulo, o ponto de partida é o estudo da geometria molecular, da polaridade de ligações covalentes e da polaridade de moléculas. A partir desses assuntos, o capítulo discute a relação entre polaridade e solubilidade (em nível introdutório, pois o tema solubilidade será retomado oportunamente), os tipos de interações intermoleculares e alguns de seus efeitos.

Inicialmente, você pode instigar os estudantes a expressarem suas opiniões sobre a razão pela qual água e óleo são imiscíveis e água e etanol são miscíveis. As respostas permitem ao professor verificar ideias prévias (cientificamente corretas ou não), cuja coleta ajudará no planejamento da intervenção pedagógica necessária ao desenvolvimento do tema, inclusive em capítulos posteriores (como o Capítulo 9, em que o conceito de solubilidade será aprimorado e ganhará dimensão quantitativa). Ao final do capítulo, retome essas concepções com os estudantes, pois, naquele momento, espera-se que eles saibam explicar que, no primeiro caso, a imiscibilidade é consequência do fato de o óleo ser apolar e a água ser polar e que, no segundo, a miscibilidade decorre da polaridade da água e do etanol. Em um passo além, é possível que os estudantes concluam que há estabelecimento de ligações de hidrogênio entre água e etanol, o que influencia favoravelmente a miscibilização dessas substâncias. A visão da importância das interações intermoleculares na solubilidade será revisitada nos Capítulos 7, 8 e 9. Outra sugestão para coletar concepções prévias é por meio da *Atividade complementar* sugerida adiante.

Por dentro da BNCC

A temática, a abordagem e as atividades propostas neste capítulo possibilitam desenvolver as **competências gerais 5** e **6**, as **competências específicas 2** e **3** e as habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT206**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308**, **EM13CHS304** e **EM13LP34**.

O capítulo inclui assuntos correlatos a dois **TCT**: **Ciência e Tecnologia** (inserido na macroárea de mesmo nome) e **Educação Ambiental** (inserido na macroárea **Meio Ambiente**).

A *Atividade em grupo* do item 4 relaciona-se aos **ODS 6** e **14**.

Resoluções e comentários

Atividade complementar

Uma atividade experimental interessante para propor aos estudantes no início do capítulo (e que possibilita verificar ideias prévias sobre capilaridade e forças intermoleculares) é o uso da cromatografia com tintas de canetas hidrográficas.

Proponha aos estudantes que, em grupos, recortem tirinhas retangulares de papel de filtro de 2 cm (base) por 10 cm (altura). Em cada uma, devem fazer um risco fino horizontal (paralelo à base) com apenas uma cor de caneta hidrográfica. O risco deve ser feito a cerca de 1,5 cm ou 2 cm de distância da base.

Para cada equipe, são necessários dois béqueres – ou, na ausência desses, copos de vidro com altura de 10 cm a 15 cm (esse é o caso dos béqueres de 250 mL ou 500 mL). O professor coloca etanol em um deles e água em outro só até atingir 1 cm de altura. O experimento deve ser **realizado em local muito bem ventilado** e na **completa ausência de fontes de ignição** (tais como chamas ou faíscas elétricas). Enfatize aos estudantes que **essas atitudes de segurança são fundamentais quando se manuseia materiais inflamáveis**, como é o caso do etanol.

Os estudantes devem colocar as tirinhas dentro do béquer, encostando apenas a extremidade que está abaixo do risco de caneta no álcool ou na água. O risco colorido **não** deve ser mergulhado no solvente. As tirinhas devem ser fixadas nessa posição com um prendedor de roupa para varais ou pendurando-as em um fio metálico rígido horizontalmente apoiado na boca do béquer. Um béquer pode permitir a fixação de mais de uma tira.

Após a imersão da pontinha do retângulo de papel de filtro no solvente, o líquido começará a percorrer a tira de baixo para cima, devido à capilaridade nos poros do papel. Diga aos estudantes para não ficarem muito próximos do frasco com etanol, para não inalar vapores dessa substância, e que esperem até que o solvente suba até, aproximadamente, três quartos da altura das tirinhas (cerca de 7,5 cm), retirem-nas e deixem-nas secar.

Peça aos estudantes que proponham uma explicação para o fato de alguns corantes serem arrastados pelo solvente a uma distância maior do que outros. (Algumas canetas contêm um só corante, outras contêm mais de um.) Peça que registrem suas observações e explicações; ao final do capítulo, volte a elas para que os estudantes possam avaliá-las e reformulá-las. O objetivo é propiciar uma discussão que permita concluir que o solvente percorre o papel devido à ação capilar nos poros do papel. Quanto aos corantes, aqueles que apresentam interações intermoleculares mais intensas com o papel de filtro permanecerão mais próximos da posição original do risco, enquanto os que interagem mais fracamente com o papel serão arrastados a maiores distâncias.

Ao final, as tiras secas podem ser descartadas no lixo comum. O etanol deve ser colocado pelo professor ou técnico no frasco de descarte de solventes não clorados do laboratório para encaminhamento ao tratamento de resíduos. Para mais orientações sobre descarte de resíduos laboratoriais, sugere-se a leitura de Machado e Mól (*Referências suplementares*).

Aplicando conhecimentos

1. **A** (linear): CO_2, HCN e CS_2; **B** (trigonal plana): $COCl_2$; **C** (tetraédrica): CH_4, CCl_4 e SiH_4; **D** (piramidal): NH_3 e PCl_3; **E** (angular): H_2O e H_2S.
2. Alternativa D. O modelo **I** é de uma molécula linear com dois átomos de elementos diferentes, podendo ser HCl. O modelo **II** é de uma molécula linear com dois átomos de um mesmo elemento ligados a um átomo central, condizente com o CO_2. O modelo **III** é de uma molécula piramidal, como NH_3.
3. **A**: Todos tetraédricos; **B**: O central é trigonal plano e os outros são tetraédricos; **C**: Um é tetraédrico, e o outro é trigonal plano; **D**: Tetraédrico; **E**: Um é tetraédrico, e o outro é linear.
4. Alternativa A. O átomo de carbono fora do anel benzênico é tetraédrico no tolueno e trigonal plano no ácido benzoico.
5. **a)** Na molécula de HF, pois o hidrogênio está ligado ao flúor, que é o elemento mais eletronegativo da tabela periódica.
   b) No H_2 (ligação covalente entre átomos iguais).
   c) Ligação covalente estabelecida por elementos de diferentes eletronegatividades é polar. Portanto: HF, HCl, HBr, HI.
   d) Não há ligação iônica em nenhuma delas, pois todas as substâncias citadas são formadas por ametais.
   e) HF, devido à maior diferença de eletronegatividade.

6. Alternativa A. 1º par: Cu e Sn – a ligação é metálica; 2º par: N e N – a ligação é covalente apolar; 3º par: Ca e Cl – a ligação é iônica; 4º par: C e O – a ligação é covalente polar.

7. **a)** Assimetria ao redor do S (2 átomos de H e 2 pares eletrônicos não compartilhados): molécula polar.
   b) Assimetria ao redor do N (3 átomos H e 1 par eletrônico não compartilhado): molécula polar.
   c) Simetria ao redor do C (4 átomos F e nenhum par eletrônico não compartilhado): molécula apolar.
   d) Assimetria ao redor do C (2 átomos H e 2 átomos de F): molécula polar.

8. Alternativa B. Das moléculas apresentadas, aquela com maior diferença de eletronegatividade entre os átomos é HF. Essa é a ligação mais polar e, como só há uma ligação na molécula, é a molécula mais polar.

9. Alternativa B. CS_2 é linear e apolar; H_2S é angular e polar.

10. **a)** Covalente polar. **b)** O átomo central (Si) não apresenta pares eletrônicos não compartilhados e está ligado a quatro átomos do mesmo elemento químico (H), havendo, assim, simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central.

Atividade em grupo – item 4

A meta da atividade é colocar os estudantes em uma situação em que se vejam desenvolvedores de aplicativos para dispositivos computacionais. Como parte do que é solicitado, devem fazer o levantamento de casos de derramamento de petróleo no mar e de suas consequências, inclusive casos no Brasil, e responder a uma série de questionamentos sobre características que um *software* deve apresentar para que seja útil na mobilização da sociedade para avisar as autoridades em caso de perceberem acidentes desse tipo. Também na atividade, os estudantes devem apresentar **argumentos** que defendam suas ideias perante potenciais investidores, a fim de convencê-los a alocar recursos financeiros no desenvolvimento do projeto.

Entre outras finalidades, a atividade visa ao desenvolvimento de uma consciência coletiva de mobilização da sociedade para a conservação ambiental e para o sentimento de responsabilidade individual e coletiva na manutenção da sanidade ambiental.

Mundo do trabalho – Empreendedorismo

As atividades ampliam repertórios para atuação no mundo do trabalho. Alguns pontos relevantes são destacados a seguir.

1. Aproveite para destacar que, no vínculo por CLT, há direitos trabalhistas; já na atuação como MEI, cabe ao empreendedor planejar-se para fazer a gestão de seu descanso, de sua remuneração, da reserva de capital para proteção de si.

2. Promova a discussão de atrativos e a reflexão de como dependem de contextos. Assim, a maior liberdade de realização profissional como MEI pode esbarrar no pouco mercado para a área escolhida e/ou na falta de competências bem desenvolvidas de autogestão e de gestão de negócios; a garantia de direitos trabalhistas pode ser questionada em diferentes momentos histórico-políticos, dependendo da dinâmica social.

3. Destaque como empresas são pessoas jurídicas, com uma "vida" própria: conta bancária, documentos de identificação, responsabilidades tributárias etc.

4. Resposta pessoal. Sugira que, na ideação de seus projetos de impacto social, os grupos pensem em identidades, valores e ações, de modo que fique claro: quem se deseja beneficiar, quais os princípios que alicerçam o negócio e que ações são necessárias. Se houver possibilidade, promova uma roda de conversa com um empreendedor de impacto social local ou regional para que os jovens dialoguem sobre os projetos.

Aplicando conhecimentos

11. Alternativa C. Como a água (polar) não dissolve o óleo de soja, deduz-se que ele é constituído de moléculas apolares.

12. Para efetuar a separação do sistema constituído de água e óleo de cozinha, a mistura deve ser colocada no funil. A torneira é ligeiramente aberta, permitindo o escoamento gradual da fase inferior (água), recolhida em outro frasco. Fechando-se a torneira no exato momento em que a fase inferior acabou de escoar para fora, consegue-se a separação de ambas as fases: a inferior (água) está recolhida no frasco e a superior (óleo) permaneceu no funil de separação. A imiscibilidade da água e do óleo deve-se ao caráter polar das moléculas de água e apolar das moléculas de óleo. Já a água e a acetona, líquidos polares, formam um sistema de uma só fase.

13. A química deve ter escolhido o octano (apolar) como solvente para o ciclo-hexeno (apolar), fundamentada na tendência de substância apolar dissolver-se em substância apolar.

14. A graxa (derivado direto do petróleo) é constituída de moléculas de hidrocarbonetos apolares. No contexto, a remoção da graxa requer um solvente também apolar, como o heptano.

15. Alternativa C. A justificativa está na atividade seguinte.

16. A água, a propanona (acetona) e o etanol são líquidos polares. O tolueno (hidrocarboneto) e o tetracloreto de carbono (CCl_4) são líquidos apolares. Como 1, 3 e 5 são miscíveis entre si, correspondem, não necessariamente nessa ordem, a água, propanona e etanol. A água não é inflamável, portanto, está no frasco 3. Nele, portanto, encontra-se a água. (Para conhecimento do docente, o tetracloreto de carbono não é inflamável.)

Atividade complementar

Após abordar o item 5, você pode conduzir uma discussão com os estudantes sobre os critérios a serem usados para determinar o principal tipo de interação intermolecular existente em uma substância molecular pura. Também pode propor a eles que esquematizem o raciocínio envolvido nessa determinação.

Uma possível organização algorítmica dos conceitos envolvidos está na Figura 1.

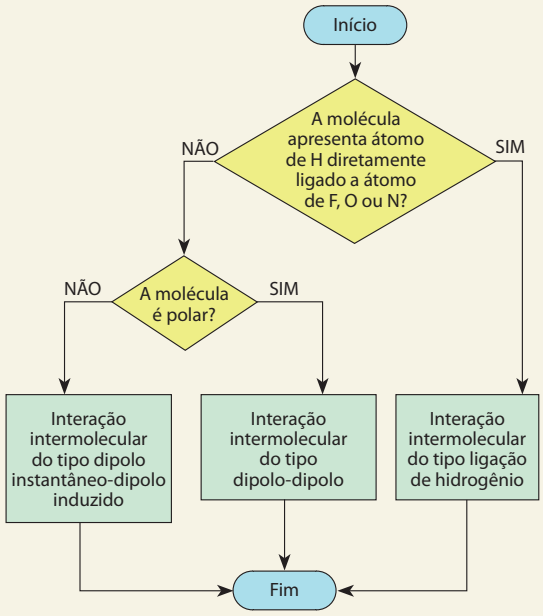


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. Uma possível esquematização algorítimica (expressa por meio de um fluxograma) de como determinar o tipo predominante de ligação intermolecular em uma substância molecular pura.

Aplicando conhecimentos

17. Alternativa C. Na molécula de amônia (NH_3), existe átomo de hidrogênio ligado diretamente ao átomo de nitrogênio.

18. Alternativa E. O etanol, embora seja solúvel em gasolina, apresenta maior tendência a se solubilizar em água, o que se deve ao estabelecimento de ligações de hidrogênio com as moléculas de água. Assim, para explicar o que é descrito, é importante saber o tipo de interação intermolecular envolvido.

19. Entre as moléculas apolares (dos hidrocarbonetos da gasolina), há interações dipolo instantâneo-dipolo induzido. Elas se originam de alterações momentâneas da nuvem eletrônica, que forma um dipolo instantâneo, que, por sua vez, acarreta um dipolo induzido em uma molécula vizinha. As extremidades de cargas opostas desses dois dipolos atraem-se mutuamente, constituindo a interação dipolo instantâneo-dipolo induzido.

20. Alternativa C. A gasolina (apolar) e a água (polar) são imiscíveis e constituem uma mistura heterogênea com duas fases.

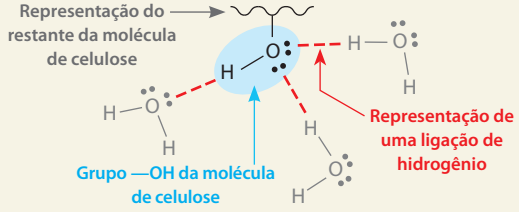
21. Alternativa B. O etanol, apesar de ser solúvel em gasolina, tem maior tendência a se solubilizar em água. Ao adicionar uma solução salina aquosa em gasolina misturada com etanol, a água e o etanol constituirão uma fase, e a gasolina pura constituirá outra.

22. A presença de grupos —OH na cola indica que esse material é recomendado para interagir com materiais que possam estabelecer ligações de hidrogênio com ela. Esse é o caso da celulose, que também apresenta grupos —OH. Assim, há maior chance de sucesso na colagem de tecido de algodão (celulose) para revestir uma caixa de papelão (celulose).

23. **a)** A interação atrativa entre moléculas de celulose e de água deve-se ao estabelecimento de ligações de hidrogênio.

b)

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

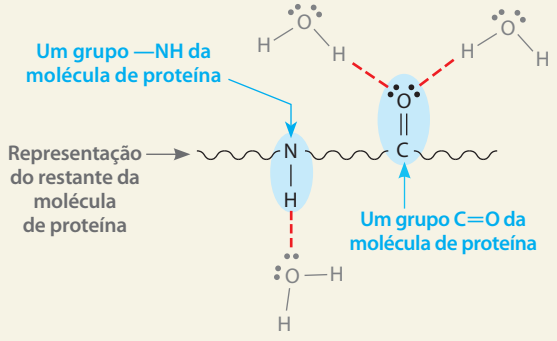


24. As intensas ligações de hidrogênio entre as moléculas de água que estão ao redor das cerdas provocam a união das cerdas na situação mostrada.

25. **a)** A elevada tensão superficial da água faz com que sua superfície atue como uma membrana elástica. A gota tende a adquirir forma esférica, pois, para certo volume, a esfera apresenta a menor área superficial possível.

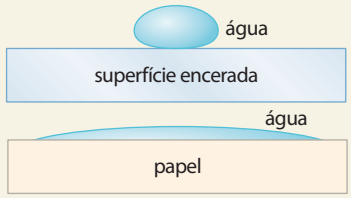
b) Ligações de hidrogênio entre os grupos mencionados e as moléculas de água. Uma possível representação é:

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



26. A superfície encerada está recoberta de moléculas apolares, e as forças de coesão do líquido são mais intensas que as forças de adesão a essa superfície. Assim, o líquido adquire aspecto de gota (achatada). No caso do papel, as atrações intermoleculares entre a água e a superfície são mais intensas que as forças de coesão da água, e o líquido se espalha.

ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA



Representações em vista lateral. (Fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

27. Para que a água atravessasse a casca recoberta de substâncias apolares, precisaria ser solúvel nelas. Contudo, como as moléculas de água são polares, não são solúveis nessas substâncias e, assim, não tendem a atravessar a casca.

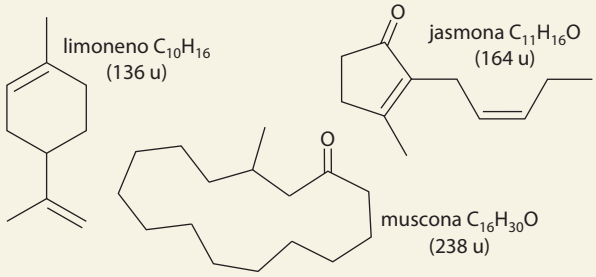
28. A elevada viscosidade do óleo lubrificante – decorrência de interações intermoleculares – reduz o atrito entre as partes metálicas móveis do motor, preservando-as do desgaste.

29. Os grupos —OH da molécula da glicerina podem estabelecer ligações de hidrogênio com as moléculas de água e, assim, contribuir para sua retenção.

30. Alternativa D. A movimentação deve-se à capilaridade do líquido nos poros do papel. O fenômeno resulta do fato de as forças de adesão do etanol ao papel (celulose) serem mais intensas que as forças de coesão entre as moléculas do etanol.

Atividade em grupo – item 7

Espera-se que os estudantes obtenham as informações:



Os estudantes devem empregar a massa molecular para inferir a volatilidade, pois o tipo de interação intermolecular é o mesmo nos três casos (dipolo instantâneo-dipolo induzido). Assim, espera-se que associem o limoneno às notas de saída, a jasmona às notas de coração e a muscona às notas de base.

Incentive os estudantes a pesquisar o que é a pirâmide olfatória (ou olfativa), uma representação comum em perfumismo. Ao buscar informações sobre ela, perceberão que os perfumistas costumam classificar o odor cítrico (limoneno, por exemplo) nas notas de saída, o odor de jasmim (como o da jasmona) nas notas de coração e o odor de almíscar (muscona) nas notas de base.

Aplicando conhecimentos

31. Desenho **A**, pois, na vaporização da água, as moléculas dessa substância se separam umas das outras (ligações de hidrogênio são rompidas), mas essas moléculas continuam a existir.

32. Ligações de hidrogênio.

33. Interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.

34. Interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.

35. O CH_4 apresenta fracas interações intermoleculares, do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido; o H_2S apresenta interações mais fortes, do tipo dipolo-dipolo, e a H_2O apresenta interações ainda mais fortes, do tipo ligações de hidrogênio.

36. Alternativa C. A fórmula molecular de **I** e **II** é a mesma; portanto, a massa molecular é igual. A temperatura de ebulição de **I** deve ser maior em função da ocorrência de ligações de

hidrogênio. Em **I** e **III** ocorrem ligações de hidrogênio. Como a massa molecular de **III** é maior, espera-se que tenha maior temperatura de ebulição. A sequência solicitada é: **II** < **I** < **III**.

Estratégia de estudo – Organização de lista de tópicos

O método da elaboração de lista de tópicos como organizador da informação complementa e amplia a técnica do fichamento de conteúdos, apresentada no Capítulo 5. A incorporação dessa forma de hierarquização possibilitará uma nova expansão do repertório de estratégias quando trabalharmos com mapas mentais e mapas conceituais, nos Capítulos 10 e 11.

Atividades finais

1. Alternativa A. Nos grupos das alternativas B, C, D e E, todos os átomos de carbono estabelecem uma ligação dupla e duas ligações simples, sendo trigonais planos e estando todos em um mesmo plano, assim como os átomos ligados a eles. No grupo da alternativa A (chamado ciclo-hexil), todos os átomos de carbono são tetraédricos, e o grupo não é planar.

2. Alternativa A. CH_2O: trigonal plana; HCN: linear; H_2O: angular; H_2S: angular; NH_3: piramidal.

3. Alternativa B. As moléculas polares da água são atraídas pelo bastão eletrizado.

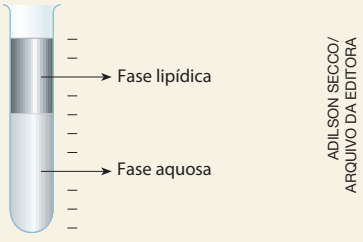
4. Alternativa E. Nas moléculas **A** e **B**, existe simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central e elas são apolares. A molécula **C** deve apresentar um ou dois pares de elétrons não compartilhados no átomo central; assim, não há simetria do ambiente eletrônico ao redor do átomo central e a molécula é polar. A molécula **D** é composta por dois átomos de diferentes elementos químicos e, consequentemente, é polar.

5. Alternativa D. As quatro alternativas apresentam moléculas tetraédricas. A única em que os quatro ligantes do átomo central são iguais é CCl_4, que, portanto, é apolar.

6. Alternativa E. Nos três casos, a interação intermolecular é do tipo ligação de hidrogênio.

7. Alternativa C, pois é a única que apresenta uma molécula que tem H ligado diretamente a F, O ou N.

8. **a)**



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

b) Comparando a fase lipídica dos dois tubos (que é a superior), verificamos que a versão "*light*" tem metade da quantidade de gordura da margarina "normal". Como o preço é o mesmo, concluímos que a gordura custa duas vezes mais na margarina "*light*".

9. Alternativa B. Para uma dada substância molecular, a intensificação das forças intermoleculares ocorre na sequência: fase gasoso, fase líquida, fase sólida.

10. **a)** Embora, na sequência HF, HCl, HBr e HI, haja aumento da massa da molécula, o HF destoa, apresentando maior temperatura de ebulição devido às ligações de hidrogênio, mais intensas do que as interações dipolo-dipolo, que ocorrem em HCl, HBr e HI. A mesma razão (presença de ligações de hidrogênio) faz H_2O e NH_3 apresentarem temperaturas de ebulição que destoam dentro das sequências H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te e NH_3, PH_3, AsH_3, SbH_3.

b) Na sequência CH_4, SiH_4, GeH_4, SnH_4, a interação intermolecular é a mesma: dipolo instantâneo-dipolo induzido. O aumento da temperatura de ebulição nessa sequência acompanha o aumento da massa da molécula.

11. Alternativa D. À medida que a água sobe pelo papel, ela arrasta consigo o(s) corante(s) usado(s) para colorir cada confeito. Os corantes que interagem mais intensamente com a água e menos intensamente com o papel são arrastados mais rapidamente e atingem alturas maiores. Assim, em uma vertical (linha referente a um confeito), cada mancha indica um corante diferente. A figura permite deduzir que a cor:
- vermelha é obtida com dois corantes misturados;
- azul se deve a um só corante;
- amarela se deve a um só corante;
- verde é obtida com dois corantes misturados;
- laranja é obtida com dois corantes misturados;
- marrom é obtida com três corantes misturados.

O corante amarelo, o único a colorir os confeitos amarelos, está presente também nas misturas que colorem os confeitos vermelhos e verdes, o que se conclui pelas manchas presentes na mesma altura.

12. A água escoaria mais rapidamente da superfície modificada (a da direita). Isso porque, na superfície não modificada (a da esquerda), ligações de hidrogênio (entre H_2O e os grupos —OH) tendem a fazer a água ficar aderida e escoar mais lentamente.

Referências suplementares

FRACETO, L. F.; LIMA, S. L. T. Aplicação da cromatografia em papel na separação de corantes em pastilhas de chocolate. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 18, p. 46-48, 2003.

Artigo que propõe experimento para investigar a presença de um ou mais corantes no revestimento dos confeitos coloridos.

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. S. Resíduos e rejeitos de aulas experimentais: o que fazer? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 29, p. 38-41, 2008.

Artigo que esclarece procedimentos para o encaminhamento de resíduos laboratoriais e sobras de reagentes.

OLIVEIRA, C. M. A. *et al*. **Guia de laboratório para o ensino de Química**: instalação, montagem e operação. São Paulo: CRQ-IV, 2007. Disponível em: https://www.crq4.org.br/downloads/selo_guia_lab.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

Guia que apresenta orientações sobre as instalações, a segurança, a armazenagem e o descarte de produtos e as boas práticas laboratoriais.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C.; MACHADO, P. F. L. **Introdução à Química Experimental**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

Livro destinado a disciplinas introdutórias de Química em cursos técnicos de nível médio e universitários. O Capítulo 2 é dedicado aos aspectos de segurança no laboratório, e o Capítulo 3 aborda o descarte de produtos químicos.

Proposta de avaliação

Solicite e analise as respostas (e justificativas, no caso de testes de múltipla escolha) dos estudantes para as atividades finais **1**, **2**, **5** a **8** e **10** a **12**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem dos aspectos mais relevantes do capítulo. Utilize também a participação nas duas *Atividades em grupo* e na discussão em *Mundo do trabalho*.

Capítulo 7 Compostos inorgânicos

Objetivos do capítulo

- Reconhecer as interações íon-dipolo e as ligações de hidrogênio como forças envolvidas entre partículas do soluto e moléculas de água na formação de soluções aquosas.
- Conhecer as definições de ácido e de base de Arrhenius, e reconhecer a fórmula de alguns ácidos e algumas bases relevantes.
- Ter noção da escala de *pH* e sua utilidade.
- Saber que ácidos e bases de Arrhenius reagem em solução aquosa, em um processo de neutralização ácido-base, e ser capaz de equacionar casos simples desse tipo de processo.
- Reconhecer casos importantes de sais e de óxidos.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo fornece aos estudantes uma visão introdutória a alguns dos inúmeros compostos estudados pela Química Inorgânica. As fotos e o texto de abertura podem ser aproveitados para a sondagem de concepções prévias dos estudantes. Questione, por exemplo, se eles já ouviram falar dos íons mencionados no texto e se sabem por que algumas pessoas se referem à presença desses íons em solução aquosa como "sais dissolvidos". Você também pode perguntar se eles já ouviram falar em eletrólito. É possível que alguns dos estudantes já tenham escutado que eletrólitos estão presentes em algumas bebidas, como os repositores eletrolíticos, ou que há eletrólitos no sangue humano e em outros líquidos corporais.

Registre as opiniões e aproveite-as para as aulas subsequentes, especialmente a abordagem de dissociação iônica e ionização. Incentive os estudantes a registrar suas respostas e, ao final do capítulo, retorne a elas com o objetivo de que eles reavaliem tais respostas e façam nelas as devidas alterações, refletindo o que aprenderam ao estudar o capítulo. A expectativa é de que os estudantes, ao estudar o capítulo, compreendam que algumas substâncias inorgânicas, ao se dissolverem em água, originam íons em solução aquosa. É o caso dos ácidos, das bases e dos sais.

Este capítulo ajuda os estudantes a compreender modelos químicos para formação de soluções aquosas, importantes não só no estudo de ácidos, bases e sais, mas também para diversos aspectos da Química envolvendo soluções. No capítulo seguinte, essa discussão sobre formação de soluções aquosas será retomada, ampliada e acrescida de aspectos quantitativos. No Capítulo 9, tanto os aspectos qualitativos, discutidos neste capítulo e no seguinte, quanto os aspectos quantitativos, introduzidos no Capítulo 6, serão empregados para um entendimento mais amplo do conceito de solubilidade e para a compreensão de processos de precipitação de compostos iônicos.

Por dentro da BNCC

O capítulo propicia situações de aprendizado que favorecem o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **2**, **5**, **7** e **9**, da **competência específica 3** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT201**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT305**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307**, **EM13CNT309** e **EM13CHS502**.

Quanto aos **TCT**, o capítulo envolve temas ligados a **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome), **Educação em Direitos Humanos** (macroárea **Cidadania e Civismo**) e **Trabalho** (macroárea **Economia**). Quanto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, abrange temática ligada ao **ODS 5**.

Resoluções e comentários

Atividade prática – Indicadores ácido-base

A realização do experimento proposto permite que os estudantes, antes de entrar em contato com aspectos formais referentes a ácidos e bases, percebam que indicadores como a solução alcoólica de fenolftaleína, o papel de tornassol vermelho e o papel de tornassol azul possibilitam a divisão de alguns materiais em duas categorias.

No caso, espera-se que eles percebam que o vinagre, o suco de limão e o refrigerante constituirão um grupo e o pedaço de sabão em barra, a cinza vegetal e a pasta de dente constituirão outro. No primeiro grupo, que posteriormente eles aprenderão se tratar de materiais ácidos, os resultados são que a fenolftaleína permanecerá incolor, o papel de tornassol vermelho manterá sua cor e o papel de tornassol azul ficará vermelho. No segundo grupo, que é constituído de materiais básicos, a fenolftaleína adquirirá cor róseo-avermelhada, o papel de tornassol vermelho ficará azul e o papel de tornassol azul manterá sua coloração. Com isso, os estudantes estarão preparados para compreender o uso de indicadores ácido-base na classificação de materiais em ácidos e básicos.

Aplicando conhecimentos

1. O composto KBr é formado por íons K^+ e Br^-. Quando este composto é dissolvido em água, acontece a dissociação de seus íons em um meio aquoso, resultando $K^+(aq)$ e $Br^-(aq)$. A dissociação iônica ocorre, entre outros fatores, devido às intensas interações íon-dipolo estabelecidas.

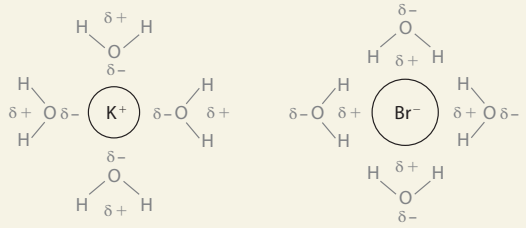


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

2. As interações atrativas são do tipo ligações de hidrogênio.

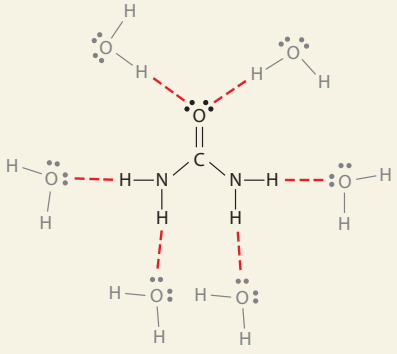
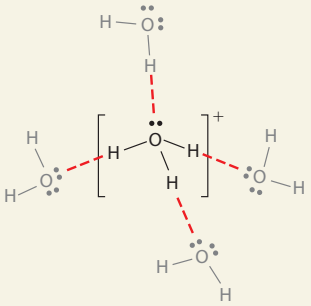


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Ao docente: o par eletrônico não ligante dos átomos de nitrogênio da ureia está comprometido em ressonância com o grupo carbonila, como ocorre de modo geral nas amidas (a ureia é uma amida) e, por isso, é praticamente indisponível para o estabelecimento de ligações de hidrogênio. Essa é a razão pela qual ele não foi representado nesse esquema.

3. O brometo de hidrogênio (HBr) ioniza-se em água, originando $H_3O^+(aq)$ e $Br^-(aq)$. O ânion Br^- é solvatado por efeito das interações íon-dipolo (o esquema do íon solvatado é similar ao apresentado na resposta da atividade 1). As interações responsáveis pela solvatação do cátion H_3O^+ são do tipo ligações de hidrogênio e podem ser representadas como segue.

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



4. **a)** São soluções eletrolíticas as que apresentam íons: **III**, **IV** e **V**.
b) Ocorre dissociação iônica no caso **V**, pois a equação química evidencia a separação dos íons em fase aquosa, e ocorre ionização nos casos **III** e **IV**, pois moléculas reagem originando íons dissolvidos em meio aquoso.

5. Alternativa C, pois é a que representa corretamente a orientação das moléculas que solvatam íons dissociados.

6. HCl e HNO_3 são ácidos de Arrhenius, pois são substâncias que, dissolvidas em água, originam H_3O^+ como único cátion:

$$HCl\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$$
$$HNO_3\,(l) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + NO_3^-\,(aq)$$

7. Alternativa A. Ácido clorídrico: HCl; ácido fosfórico: H_3PO_4; ácido sulfúrico: H_2SO_4; ácido nítrico: HNO_3.

8. Alternativa E. Ácido sulfuroso: H_2SO_3; ácido sulfídrico: H_2S; ácido sulfúrico: H_2SO_4; ácido nítrico: HNO_3.

9. O H_2SO_4 se ioniza quando é dissolvido em água, formando uma solução eletrolítica (isto é, que contém íons).

Dialogando com o texto – item 5

A atividade tem por meta desenvolver nos estudantes um raciocínio semiquantitativo de como varia o *pH* em função da adição de ácido a um meio básico. O fato de o produtor constatar que o *pH* da solução nutritiva era próximo de 8 deve ser interpretado como: o meio aquoso é ligeiramente alcalino. Para que seja possível modificar esse *pH* para a faixa de 5,5 a 6,5, é necessário adicionar uma substância ácida ao meio, promovendo ligeira acidificação.

Aplicando conhecimentos

10. Hidróxido de potássio: KOH; hidróxido de sódio: NaOH.

11. Alternativa B. Fenolftaleína em meio alcalino apresenta coloração róseo-avermelhada. Portanto, o sapólio é alcalino.

12. **a)** A pesquisadora desejava solução ácida no frasco 3, pois dissolveu em água uma substância (HBr) que, ao se ionizar em meio aquoso, liberou H_3O^+ (aq) como único cátion. Ela desejava solução alcalina no frasco 4, pois dissolveu em água um hidróxido que, ao se dissociar ionicamente em água, liberou OH^- (aq) como único ânion.
b) Os frascos 1 e 2 não contêm ácido nem base.
c) O processo que é frequente em cozinhas é o que aconteceu no frasco 1, correspondente à dissolução em água da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), constituinte do açúcar de cana.
d) Os frascos 2, 3 e 4, pois há íons em solução.
e) Não haveria mudança de cor no caso dos frascos 1 e 2, pois as soluções não são ácidas nem básicas. No frasco 3 (solução ácida), o papel de tornassol azul mudaria de cor para vermelha, o papel de tornassol vermelho manteria a coloração e a fenolftaleína permaneceria incolor. No frasco 4 (solução alcalina), o papel de tornassol azul permaneceria com sua coloração, o papel de tornassol vermelho ficaria azul, e a fenolftaleína, róseo-avermelhada.

13. Um **efluente** é um líquido produzido em instalações como indústrias, laboratórios ou usinas de energia, que, não sendo de interesse, precisa ser corretamente descartado ou reaproveitado. Um efluente com *pH* menor que 5 é muito ácido para ser descartado em um corpo d'água. Quanto mais baixo o *pH* de um efluente, maior sua acidez e sua periculosidade. Um efluente com *pH* maior que 9 é muito alcalino para ser despejado em um meio aquático. Quanto maior o *pH*, maior a alcalinidade do efluente e maior sua periculosidade.

14. O suco de maracujá é mais ácido que o suco de goiaba, pois apresenta *pH* mais baixo.

15. O líquido das baterias de automóvel apresenta *pH* muito baixo e tem grande periculosidade por se tratar de uma solução extremamente ácida, podendo causar lesões na pele e nos olhos. Essa acidez deve-se à ionização do ácido sulfúrico:

$$H_2SO_4\,(l) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + HSO_4^-\,(aq)$$
$$HSO_4^-\,(aq) + H_2O\,(l) \rightarrow H_3O^+\,(aq) + SO_4^{2-}\,(aq)$$

A solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio apresenta um *pH* muito alto (elevada alcalinidade), que torna esse material perigoso, devido ao risco de corrosão da pele e danos aos olhos. Essa alcalinidade se deve à dissociação iônica do hidróxido de sódio em meio aquoso:

$$NaOH\,(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$$

16. Alternativa B. Fenolftaleína em meio básico apresenta coloração rósea. Portanto, a substância no frasco A é alcalina. Fenolftaleína em meio neutro ou ácido é incolor. Portanto, B e C apresentam substâncias com caráter neutro ou ácido. No caso, são os ácidos H_2SO_4 e HCl.

17. Alternativa A. Quanto maior for o *pH*, maior é a basicidade (caráter básico) de uma solução. Dentre as misturas citadas, a que apresenta maior *pH* é o leite de magnésia.

18. Alternativa E. Dos meios aquosos citados, apenas a solução aquosa de NaOH é alcalina. Ela tem, portanto, o maior *pH*.

Atividade em grupo – item 6

O engajamento na produção do vídeo pretende motivar a busca por informações referentes às substâncias inorgânicas, suas características, importância, produção e aplicabilidade. Procure despertar o interesse de cada um para conhecer a presença dessas substâncias no cotidiano, sobre o que cabe lembrar que a "contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras" (BNCC, 2018, p. 549).

Estimule os estudantes a também investigar a **toxicidade** de alguns compostos inorgânicos e/ou decorrentes de sua produção ou descarte incorreto, bem como a **propor soluções** para os problemas decorrentes das tecnologias associadas às substâncias inorgânicas, **argumentando** em favor de suas propostas.

Aplicando conhecimentos

19. O valor constatado (6,5) corresponde a um meio mais ácido do que deveria ser (7,2 a 7,8). Assim, é necessário acrescentar à piscina um produto que neutralize a ligeira acidez do meio e o faça ficar com o *pH* resultante ligeiramente maior que 7. Para isso, o técnico deve escolher o produto básico.

20. $2\,HCl\,(aq) + Ca(OH)_2\,(s) \rightarrow CaCl_2\,(aq) + 2\,H_2O\,(l)$

21. Alternativa E. Os sais que completam as equações são NaCl, K_2SO_4, $AlCl_3$, $BaBr_2$ e KI.

22. Alternativa E. Hidróxido de alumínio: $Al(OH)_3$; ácido clorídrico: HCl; equação química: $Al(OH)_3 + 3\,HCl \rightarrow AlCl_3 + 3\,H_2O$.

23. **a)** Segurança alimentar é ter acesso permanente a alimentos em quantidade suficiente e de qualidade adequada, sendo direito de todo cidadão.

b) Quando a água contendo sais dissolvidos é usada na irrigação, a evaporação subsequente da água não é acompanhada pela evaporação dos sais, que permanecem no solo. Assim, a irrigação excessiva promove aumento exagerado da quantidade de sais no solo, que é a salinização do solo.

c) Nas regiões onde há chuvas regulares não há necessidade de irrigação, pois o solo recebe naturalmente quantidade suficiente de água. Como a concentração de sais na chuva é baixíssima ou nula, quando a água evapora não ficam resíduos.

24. **a)** Espera-se que os estudantes concluam que a aplicação de quantidades elevadas de fertilizante pode acarretar salinização do solo, pois fertilizantes químicos contêm sais (como se deduz do enunciado). A salinização do solo prejudica a absorção de água pelas raízes das plantas, dificultando ou impedindo que se desenvolvam.

b) KNO_3: K^+ e NO_3^-; $NaNO_3$: Na^+ e NO_3^-; $CaSO_4$: Ca^{2+} e SO_4^{2-}; $Ca_3(PO_4)_2$: Ca^{2+} e PO_4^{3-}; NH_4Cl: NH_4^+ e Cl^-; NH_4NO_3: NH_4^+ e NO_3^-; $(NH_4)_2SO_4$: NH_4^+ e SO_4^{2-}; $(NH_4)_3PO_4$: NH_4^+ e PO_4^{3-}.

c) KNO_3: nitrato de potássio; $NaNO_3$: nitrato de sódio; $CaSO_4$: sulfato de cálcio; $Ca_3(PO_4)_2$: fosfato de cálcio; NH_4Cl: cloreto de amônio; NH_4NO_3: nitrato de amônio; $(NH_4)_2SO_4$: sulfato de amônio; $(NH_4)_3PO_4$: fosfato de amônio.

d) Espera-se que os estudantes, na pesquisa, descubram que, na agricultura orgânica, os fertilizantes químicos são substituídos por restos de organismos em decomposição. Ocorrendo sob a catálise enzimática de grande diversidade de seres decompositores, essa decomposição libera no solo nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, sendo uma alternativa que se aproxima dos ciclos naturais de matéria. Os adubos de origem orgânica, não sendo constituídos de sais, não contribuem para a salinização do solo.

25. **a)** $(Ca^{+2})_1(CO_3^{2-})_1$ ou $CaCO_3$; **b)** $(Na^+)_1(HCO_3^-)_1$ ou $NaHCO_3$.

26. Alternativa B. A fórmula apresentada evidencia que o cátion é X^{2+}. O sal brometo terá fórmula $(X^{2+})_1(Br^-)_2$ ou XBr_2.

27. Alternativa E. A fórmula apresentada evidencia que o cátion é Y^{3+}. O sal sulfito terá fórmula $(Y^{3+})_2(SO_3^{2-})_3$ ou $Y_2(SO_3)_3$.

28. SiO_2 e B_2O_3 são óxidos, pois são constituídos de dois elementos químicos em que um deles é o oxigênio e o outro não é o flúor. As outras duas substâncias, Na_2CO_3 e $CaCO_3$ são sais.

29. **a)** Dióxido de carbono: CO_2.

b) Óxido de cálcio, CaO, constituído de íons Ca^{2+} e O^{2-}.

c) O CO_2 confere caráter ácido a um meio aquoso:
$CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$
O óxido de cálcio confere caráter básico a um meio aquoso:
$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$

30. **a)** Ácida, pois apresenta $pH < 7$.

b) Chuva ácida é aquela com $pH < 5{,}6$. Segundo o texto apresentado, os ácidos são H_2SO_4 (sulfúrico) e HNO_3 (nítrico).

31. **a)** III **b)** IV e VI **c)** V e VI **d)** I e II

32. O CO liga-se ao íon Fe^{2+} da hemoglobina, formando carboxi-hemoglobina, que não é funcional no transporte de oxigênio aos tecidos corporais. Esse envenenamento pode causar desde dor de cabeça e turvação da visão, até estado de coma e morte. Ações preventivas: não deixar motores de automóveis ligados em garagens mal ventiladas ou túneis com trânsito parado e não permanecer próximo ao escapamento de veículos ligados.

33. Alternativa A. No modelo, há átomos de dois elementos químicos na proporção 1 : 2. o que é consistente com a sílica.

34. Alternativa D. Como o CO_2 é um óxido ácido, pode ser removido da atmosfera artificial do interior de cápsulas especiais por meio da reação com uma substância básica, no caso, NaOH.

Atividade em grupo – item 7

Espera-se que os estudantes descubram que Florence Bascom nasceu em 1862 nos Estados Unidos. Ela foi a primeira mulher a obter um grau de doutorado (Ph.D.) na Universidade Johns Hopkins. Devido a atitudes discriminatórias em relação ao sexo feminino, ela foi forçada a assistir às aulas atrás de um anteparo. Este é um episódio emblemático de uma série de dificuldades enfrentadas pelas mulheres, algumas das quais ainda existem na sociedade atual. Apesar das dificuldades, Bascom, a segunda mulher a obter um doutoramento em Geologia nos Estados Unidos, realizou diversas conquistas profissionais e tornou-se símbolo de determinação na conquista pela igualdade de gênero.

A pesquisa a respeito da vida dessa cientista cria a oportunidade para que os estudantes se expressem a respeito da discriminação em relação à mulher no mercado de trabalho e serve de gancho para a seção *Mundo do trabalho*.

Mundo do trabalho – Igualdade de gênero no trabalho

Os textos apresentados abordam aspectos históricos e sociais relacionados às desigualdades de gênero no mundo do trabalho. De modo a evitar que os estudantes, ao se depararem com a ideia de igualdade de gênero, sejam induzidos a erros de compreensão conceitual é importante contextualizar a noção de que a desigualdade social não se refere simplesmente às diferenças que existem entre as pessoas. O conceito de desigualdade, para as Ciências Humanas, diz respeito às diferenças relacionadas ao exercício de direitos de cidadania, em que certos grupos sociais detêm privilégios por terem mais acesso ao usufruto de tais direitos, tornando outros grupos desprovidos desses direitos.

O professor de Geografia pode apoiar nas orientações relacionadas a: aprofundamento conceitual da noção de desigualdade social, sobretudo a de gênero (podendo, por exemplo, diferenciar conceitualmente a desigualdade social em relação aos marcadores sociais da diferença); busca por dados quantitativos que embasem uma investigação relacionada à persistente desigualdade de gênero no mundo do trabalho, como a ocupação de cargos diretivos de grandes empresas e a desigualdade salarial; mapeamento de leis federais brasileiras que orientem ações afirmativas relacionadas ao enfrentamento às desigualdades de gênero no mundo do trabalho. Sobre as atividades propostas:

1. Sugere-se que, entre as fontes pesquisadas, incluam-se publicações do Ministério do Trabalho e Emprego, como: "Pesquisas apontam que as desigualdades persistem no mundo do trabalho: mulheres têm menos acesso à internet do que os homens e a inteligência artificial pode intensificar as desigualdades de gênero", disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/noticias-e-conteudo/2024/Abril/pesquisas-apontam-que-as-desigualdades-persistem-no-mundo-do-trabalho. Acesso em: 10 set. 2024.
2. Resposta pessoal. Incentive os estudantes a procurarem – na Constituição, nos códigos de ética dos conselhos federais ligados às diversas profissões e nos códigos de conduta de diversas empresas – citações que explicitem a igualdade entre homens e mulheres em todos os aspectos, o que inclui oportunidades educacionais, profissionais, sociais e econômicas, entre outras.

Atividades finais

1. Alternativa C. $NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$.
2. Alternativa E. A condutividade se deve a $Na^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$.
3. Alternativa C. Na fase gasosa, o HCl é formado por moléculas de HCl; na fase aquosa, está ionizado em $H^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$.
4. Alternativa C. X, Y e Z têm, respectivamente, características de substância molecular, metal e substância iônica.
5. O número de cátions H^+ é igual ao de ânions Cl^-, pois são formados em igual quantidade na ionização. A solução é eletricamente neutra, pois a quantidade de cargas elétricas positivas é igual à de negativas, mas é incorreto afirmar que a solução "não conduz a eletricidade", já que tem íons livres.
6. Alternativa B. O cálculo da razão solicitada, para I, II, III e IV, respectivamente, resulta: 0,17; 1,0 (maior); 0,2 e 0,5.
7. Alternativa C. Em água, o sal KNO_3 se dissocia em K^+ e NO_3^-.
8. Alternativa E. $CuSO_4(aq)$ é azul e $Na_2SO_4(aq)$ é incolor; então $Cu^{2+}(aq)$ é azul. $K_2CrO_4(aq)$ é amarelo e $KNO_3(aq)$ é incolor; então $CrO_4^{2-}(aq)$ é amarelo.
9. **a)** $Fe(OH)_2$ e $Fe(OH)_3$.
   b) O HCl reage com esses hidróxidos produzindo sais solúveis, o que favorece sua remoção da peça:
   $2\,HCl(aq) + Fe(OH)_2(s) \rightarrow FeCl_2(aq) + 2\,H_2O(l)$
   $3\,HCl(aq) + Fe(OH)_3(s) \rightarrow FeCl_3(aq) + 3\,H_2O(l)$
10. **a)** $2\,NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$
    b) Quando o fogo já superou a fase de pequeno foco inicial, não há possibilidade de extinção usando esse tipo de equipamento, o que **coloca o operador em risco**.
11. **a)** $Ca(OH)_2$ e NaOH.
    b) $Na_2CO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + 2\,NaOH(aq)$
    c) Carbonato de cálcio.
    d) Calcário, mármore, conchas de moluscos e casca de ovos.
12. Alternativa A. $CO_2(g) + 2\,H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + HCO_3^{2-}(aq)$
13. Alternativa E. $Ca(OH)_2(aq) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **3**, **5**, **7**, **12** e **13**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas duas seções *Atividade em grupo* e na *Atividade prática*.

Capítulo 8 Soluções aquosas

Objetivos do capítulo

- Conhecer o método de preparo de uma solução aquosa.
- Reconhecer a importância de interações dos tipos íon-dipolo e ligação de hidrogênio na dissolução de substâncias em água.
- Interpretar e expressar a concentração de soluções.
- Compreender o que é diluição e qual é sua utilidade.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo apresenta uma situação-problema referente a uma médica que prescreveu um fármaco. Estimule os estudantes a responder e a registrar as respostas. Solução é qualquer mistura homogênea e, já que o soluto está homogeneamente distribuído em todo o volume da solução, ao se retirar uma amostra dela, a quantidade de soluto presente nessa amostra será proporcional ao volume da amostra.

Assim, em uma dada solução, há uma relação constante entre a quantidade de soluto e a quantidade de solvente (ou, também, entre a quantidade de soluto e a quantidade de solução). A meta do capítulo é trabalhar algumas das maneiras de expressar essa relação, que pode envolver as quantidades de soluto e de solução expressas, respectivamente, em massa e volume, massa e massa ou volume e volume, conforme a conveniência da situação.

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento da **competência geral 10** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT203**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT306** e **EM13CNT310**. O capítulo trata de assuntos correlatos a dois **TCT** – **Saúde** (macroárea de mesmo nome) e **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) – e ao **ODS 6**.

Resoluções e comentários

Em destaque – Preparo de soluções aquosas

A leitura e a interpretação do texto apresentado na seção possibilitam discutir o procedimento de preparo de uma solução aquosa em laboratório. As respostas das atividades estão a seguir.

1. A adição de água a soluções concentradas de ácidos ou a bases sólidas geralmente provoca desprendimento de quantidade significativa de calor (a dissolução dessas substâncias em água é um processo exotérmico), o que aquece muito a solução e pode comprometer a calibração do balão volumétrico.
2. A liberação de calor no preparo dessas soluções é tão grande que pode provocar a violenta ebulição, espirrando solução ácida ou básica no indivíduo, o que pode causar lesões graves na pele e nos olhos.

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa D. Solução é qualquer mistura homogênea.
2. Alternativa B. O soluto é o ácido sulfúrico e o solvente é a água.
3. Alternativa A. A água é o solvente que dissolve o açúcar.
4. Alternativa C. O etanol é completamente miscível em água.
5. Alternativa B. $KBr(s) \rightarrow K^+(aq) + Br^-(aq)$
6. Alternativa A. As partículas do soluto são íons, e a solvatação ocorre com o estabelecimento de interações íon-dipolo.
7. Alternativa C. A interação intermolecular entre etanol e água é do tipo ligação de hidrogênio.
8. Alternativa D. $HBr(g) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Br^-(aq)$

Atividade em grupo – item 3

Ressalte aos estudantes que, embora densidade e concentração em g/L sejam relações de massa por volume, são grandezas distintas. A densidade (Capítulo 1) relaciona a **massa total** de uma amostra de solução e o volume dessa amostra. Já a concentração em g/L relaciona a **massa de soluto** presente em uma amostra de solução e o volume dessa amostra. As respostas são:

- O solvente é a água e o soluto é nitrato de potássio.
- Em 500 cm^3 (0,5 L) de solução há 42,0 g de soluto.
- O volume de solução que contém 21,0 g de soluto é 250 mL:

$$\left.\begin{array}{ll} 84{,}0\ g & \text{——}\ 1.000\ mL \\ 21{,}0\ g & \text{——}\ V \end{array}\right\} \Rightarrow V = 250\ mL$$

- A densidade informa que 1 cm^3 da solução tem massa 1,050 g. Assim, 1.000 cm^3 têm massa 1.050 g, ou 1,050 kg.
- Cada litro de solução contém 84,0 g de soluto.
- A massa de água é 966 g (1.050 g – 84,0 g).

Dialogando com o texto – item 3

Os estudantes deverão pesquisar a composição química de uma água mineral, registrar a concentração dos íons presentes e converter de mg/L para g/L (pois, na maioria dos casos, a composição de águas minerais é expressa em mg/L). Caso precise auxiliar os estudantes na sistemática da conversão, exemplifique: uma concentração de 6,34 mg/L equivale a 0,00634 g/L.

$$\left.\begin{array}{l} 1.000\ \text{mg/L} \quad\text{——}\quad 1\ \text{g/L} \\ 6{,}34\ \text{mg/L} \quad\text{——}\quad x \end{array}\right\} \Rightarrow x = 0{,}00634\ \text{g/L}$$

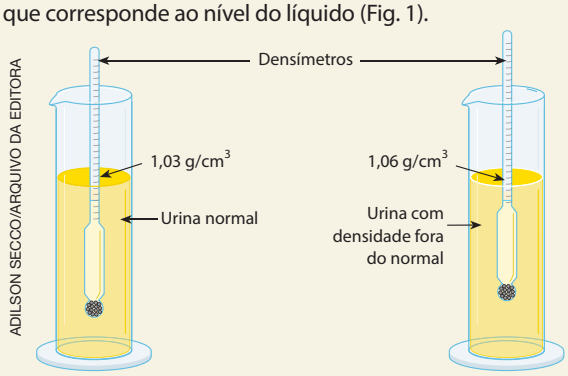
Atividade prática – Densidade de soluções

Nesse experimento, os estudantes construirão, com uma tampa de caneta esferográfica e massa de modelar, um dispositivo que pode comparar semiquantitativamente a densidade de soluções aquosas. No copo 4, no qual esse dispositivo flutuará na água líquida, apenas pequena porção da extremidade ficará acima do líquido, conforme ilustra a Figura 7.B do Livro do Estudante. Nos demais copos, em que haverá água com sal, os estudantes observarão que uma porção maior do dispositivo ficará acima do nível da solução, sendo essa porção tanto maior quanto mais concentrada for a solução aquosa de sal.

A expectativa é de que os estudantes concluam, pela análise dos resultados, que, quanto maior a concentração de sal na solução, maior a densidade da mistura, o que acarreta maior volume do dispositivo acima do nível do líquido. A sequência crescente de densidade dos líquidos é copo 4 < copo 1 < copo 2 < copo 3.

Um questionamento feito refere-se ao instrumento chamado densímetro. Após pesquisarem sobre esse instrumento, os estudantes poderão concluir que o experimento consiste, de fato, na construção de um densímetro.

Há mais de um modo de determinar a densidade de uma amostra. Podemos, por exemplo, medir a massa e o volume e dividir a primeira pela segunda. No caso de amostras líquidas, como é o caso das soluções aquosas, um método bastante conveniente é usar o densímetro. Trata-se de um tubo que flutua nos líquidos em geral. Quanto maior a densidade do líquido, maior a parte do densímetro que fica acima da superfície. A densidade do líquido é lida, em uma escala graduada, observando-se o valor da escala que corresponde ao nível do líquido (Fig. 1).



Fonte: BETTELHEIM, F. A. *et al*. **Introduction to General, Organic and Biochemistry**. 10. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2013.

Figura 1 Exemplificação do uso de densímetro na determinação de densidade de líquidos; no caso, amostras de urina. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Uma aplicação dos densímetros é para verificar se combustíveis líquidos estão fora do padrão de composição definido pelas normas. A adulteração dos combustíveis é feita misturando a eles outros líquidos de menor valor agregado. Como a densidade do adulterante é diferente da do combustível, a densidade da mistura é distinta da que o produto não adulterado deve apresentar. Assim, um densímetro é útil para identificar fraudes.

Aplicando conhecimentos

9. **a)** Solvente: H_2O; soluto: NaOH. **b)** 30 g **c)** 250 mL

10. Alternativa D. Todas têm concentração igual a 0,25 g/L.

11. Alternativa B. Se 120 g estão dissolvidos em 2,0 L, então 30 g (a quarta parte do soluto) estão dissolvidos em 0,5 L (a quarta parte da solução).

12. Determina-se 11,9 g de KBr com uma balança. Essa amostra é transferida para um béquer e dissolvida em um pouco de água. A solução é integralmente transferida para um balão volumétrico de 1.000 mL, completando-se com água destilada até a marca no pescoço do balão. Tampa-se o frasco (com a sua tampa apropriada) e agita-se, invertendo o balão algumas vezes. O cálculo do volume que contém 9,52 g de soluto pode ser feito por proporcionalidade entre massa do soluto e volume de solução, chegando-se a 0,800 L, ou 800 mL.

13. Pode-se resolver por proporcionalidade. Se há 27 g de NaCl dissolvidos em 1 L de solução, então $1 \cdot 10^6$ g estarão dissolvidos em um volume x. Chega-se a $x = 3{,}7 \cdot 10^4$ L = 37 m³.

14. Pelos desenhos, podemos comparar as densidades:

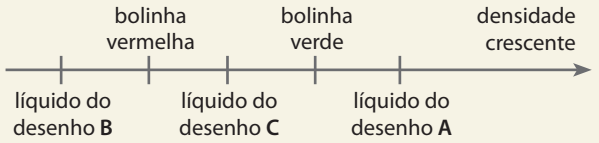
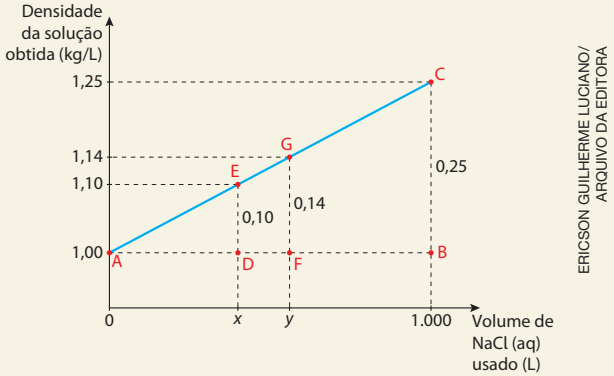


ILUSTRAÇÃO: DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Então: **A** é água, **B** é álcool e **C** é uma mistura dos dois.

15. Se 1.000 mL de solução contêm 165 g de soluto (H_2SO_4), então 200 mL conterão m_{soluto}. Isso conduz a $m_{soluto} = 33$ g.
A densidade informa que 1 cm³ (1 mL) da solução tem massa 1,100 g. Assim, 1.000 cm³ (1.000 mL) têm massa 1.100 g.
Se 1.000 mL de solução têm massa 1.100 g, então 200 mL terão massa $m_{solução}$. Isso conduz a $m_{solução} = 220$ g.
Então: $m_{solvente} = m_{solução} - m_{soluto} = 220\ \text{g} - 33\ \text{g} = 187\ \text{g}$.

16. Alternativa C. Um modo interessante de resolver é por semelhança de triângulos em um gráfico de densidade da mistura em função do volume da solução de NaCl.



ERICSON GUILHERME LUCIANO/ARQUIVO DA EDITORA

Semelhança dos triângulos ABC e ADE:

$$\frac{1.000}{0{,}25} = \frac{x}{0{,}10} \Rightarrow x = 400$$

Semelhança dos triângulos ABC e AFG:

$$\frac{1.000}{0{,}25} = \frac{y}{0{,}14} \Rightarrow y = 560$$

O volume de NaCl (aq) deve estar entre 400 L e 560 L. Então, o volume de água deve estar entre 440 L e 600 L.

17. Alternativa A. A densidade das sementes não se altera, mas a da solução sim. Como as sementes sobem, deduz-se que a densidade do líquido aumentou com a dissolução do açúcar. Na situação final, o líquido é mais denso do que as sementes.

Atividade em grupo – item 4

Para a situação proposta, $m_{\text{etanol f}} = m_{\text{etanol A}} + m_{\text{etanol B}}$, com:
$m_{\text{etanol f}}$ = massa de etanol na mistura final (70 °INPM)
$m_{\text{etanol A}}$ = massa de etanol na mistura A (46 °INPM)
$m_{\text{etanol B}}$ = massa de etanol na mistura B (92,8 °INPM)
Como $m_{\text{etanol}} = \tau_{\text{etanol}} \cdot m_{\text{solução}}$, temos:
$\tau_f \cdot (m_{\text{solução A}} + m_{\text{solução B}}) = \tau_A \cdot m_{\text{solução A}} + \tau_B \cdot m_{\text{solução B}}$
$0{,}70\,(m_{\text{solução A}} + m_{\text{solução B}}) = 0{,}46 \cdot m_{\text{solução A}} + 0{,}928 \cdot m_{\text{solução B}}$
Desenvolvendo, chegamos a:

$$\frac{m_{\text{solução A}}}{m_{\text{solução B}}} = 0{,}95 = \frac{95}{100}$$

A mistura deve ser feita na proporção $m_{\text{solução A}} : m_{\text{solução B}}$ igual a 95 : 100. Por exemplo, 95 kg de A com 100 kg de B.

Aplicando conhecimentos

18. Dividindo 25 g (sacarose) por 125 g (total), tem-se $\tau_m = 0{,}20$. Então, a porcentagem em massa do soluto é 20%.

19. A solução deve conter 100 g de sacarose (massa determinada com a balança) e 900 g de água (900 mL, volume determinado com a proveta), totalizando 1.000 g. Adiciona-se um pouco da água à sacarose e agita-se para dissolver o soluto. A seguir, adiciona-se o restante da água e agita-se para homogeneizar.

20. A densidade informa que 1 mL de solução tem massa 1,05 g. Então, 1 L tem massa 1.050 g, e 10% disso (105 g) é a massa de soluto. Portanto, a concentração do soluto é 105 g/L, e a solução é adequada ao procedimento a ser realizado.

21. Pela densidade, deduz-se 1 L de solução tem massa 1.200 g, da qual 37% (444 g) é soluto. Então, a concentração é 444 g/L.

22. Dividindo 10,5 L por 50,0 L, chega-se a $\tau_V = 0{,}21$. Então, a porcentagem em volume do gás oxigênio é 21%.

23. Volume de perfume = $10.000 \cdot 0{,}3$ L = 3.000 L.
Volume de essência = 1,5% de 3.000 L = $0{,}015 \cdot 3.000$ L = 45 L.

24. Alternativa C. A amostra tem densidade 0,90 g/cm^3, resultado da divisão da sua massa (45,0 g) pelo seu volume (50,0 cm^3). A leitura do gráfico informa que 0,90 g/cm^3 (eixo *y*) corresponde a uma fração porcentual de etanol (f_e, eixo *x*) de 55%.

Atividade em grupo – item 5

Sugira aos estudantes que não deixem de investigar, entre outros, o chumbo, o mercúrio e o cádmio, e que incluam na pesquisa os efeitos sobre o sistema nervoso e a razão de esses metais se acumularem em nosso organismo. Incentive-os a buscar não apenas informações a respeito do assunto, mas também recursos digitais – como simuladores, animações e vídeos – que possam auxiliar a demonstrar a periculosidade dos metais pesados.

Enfatize a solicitação de que, no vídeo, expliquem à comunidade o problema dos metais pesados, posicionem-se criticamente em relação às diversas aplicações desses metais e proponham medidas individuais e coletivas para o correto uso e descarte de materiais que possam ser fonte de contaminação.

Aplicando conhecimentos

25. a) A proporcionalidade é: se 0,7 mg estão presentes em 100 g, então *x* estará presente em 10^6 g (um milhão de gramas). Com isso, chega-se a $x = 7$ g, ou seja, há 7 ppm (partes por milhão) em massa de cádmio no carregamento.
b) Se 0,5 g pode estar presente em 100 g, *y* pode estar presente em 10^6 g. Resolvendo, obtém-se $y = 500$ mg = 0,5 g. Então, o limite da Anvisa é 0,5 ppm em massa de cádmio.
c) O lote **não** deve ser liberado, pois está acima do limite seguro estabelecido pelo órgão regulador.

26. Se há $2 \cdot 10^{-8}$ L de SO_2 em 100 L de ar, haverá *x* em 10^6 L (1 milhão de litros) de ar. Com isso, chega-se a $x = 2 \cdot 10^{-4}$ L, o que indica $2 \cdot 10^{-4}$ ppm em volume.

27. Há 300 g de estanho em 10^6 g de salsicha. Seguindo essa proporção, haverá *x* por quilograma (10^3 g), sendo $x = 0{,}300$ g. Então, a análise revela 300 mg/kg, valor acima do limite estipulado pela Anvisa (250 mg/kg), e o lote deve ser **reprovado**.

28. Alternativa D. O valor 20 ppm indica que, em cada 10^6 g de amostra, há 20 g de chumbo. Seguindo essa proporção, em 100 g de amostra, haverá $x = 2 \cdot 10^{-3}$ g = 2 mg.

Dialogando com o texto – item 6

Resposta pessoal. A concentração de coliformes fecais na água do mar é um dos indicadores para avaliar a qualidade de praias porque sua presença na água do mar indica que ela recebeu esgotos *in natura* (não tratados) e, portanto, pode também conter microrganismos patogênicos (do grego *pathós*, "sofrimento", e *génos*, "que origina"), ou seja, microrganismos causadores de doenças (por exemplo, vibrião colérico e salmonelas).

A atividade visa a estimular os estudantes que moram em regiões litorâneas (ou as frequentam) para que estejam atentos à qualidade das praias, procurem informações em fontes confiáveis e desenvolvam atitudes de cautela em relação a praias impróprias.

Aplicando conhecimentos

29. Alternativa C. A quantidade de soluto nas soluções inicial e final é a mesma. Devido ao acréscimo de água, a solução final tem volume maior e, portanto, concentração menor.

30. Alternativa D. Comparando-se as duas soluções, a inicial tem concentração maior do que a final.

31. $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \Rightarrow 10$ g/L $\cdot$ 200 mL $= C_f \cdot 500$ mL $\Rightarrow C_f = 4$ g/L
Note que o volume foi multiplicado por 2,5 e, em consequência, a concentração foi dividida por 2,5.

32. O volume deve ser quadruplicado por adição do solvente. O técnico pode colocar os 500 mL em um balão volumétrico de 2 L e adicionar água destilada até a marca do gargalo do balão.

33. Alternativa D. Empregando a expressão $\mathcal{M}_i \cdot V_i = \mathcal{M}_f \cdot V_f$:
0,5 mol/L $\cdot$ V_i = 0,1 mol/L $\cdot$ 200 mL $\Rightarrow$ $V_i = 40$ mL

34. $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \Rightarrow C_i \cdot 3V = 0{,}60 \cdot C_i \cdot V_f \Rightarrow V_f = 5V$
Volume inicial: três copos ($3V$). Volume final: cinco copos ($5V$). Portanto, devem ser acrescentados dois copos de água.

35. Alternativa D. A solução injetada será diluída do volume injetado (V_i) para o volume final de 3,0 L. A concentração final será no máximo 4,0 mg/L. A concentração inicial, 3,0 mg/mL, equivale a $3{,}0 \cdot 10^3$ mg/L. Então, usando $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$:
$3{,}0 \cdot 10^3$ mg/L $\cdot$ $V_i = 4{,}0$ mg/L $\cdot$ 3,0 L $\Rightarrow V_i = 4{,}0 \cdot 10^{-3}$ L = 4,0 mL

Atividades finais

1. Alternativa B. Dividindo massa de soluto por volume de solução, chegamos, respectivamente a 30 g/L, 5 g/L, 60 g/L e 15 g/L.

2. Alternativa C. A prescrição diária (3 g de X), dividida em três doses, resulta em 1 g de X a cada 8 horas. Se 150 mL da solução contêm 30 g de X, o volume *V* conterá 1 g. Resulta $V = 5$ mL.

3. Alternativa B. Cálculo da massa de benzeno:
$m = d \cdot V = 0{,}9$ g $\cdot$ mL$^{-1} \cdot 5 \cdot 10^3$ mL $= 4{,}5 \cdot 10^3$ g $= 4{,}5 \cdot 10^6$ mg
Dividindo essa massa pelo volume de $1{,}5 \cdot 10^6$ L (1.500 m^3), obtém-se 3,0 mg $\cdot$ L^{-1}. Pelo quadro, isso corresponde ao tempo máximo de exposição de 4 h.

4. Alternativa B. A criança de 30 kg deve receber 360 mg do medicamento (30 kg $\cdot$ 12 mg/kg). Se 200 mg estão presentes em 20 gotas (1 mL), então 360 mg estarão presentes em *x*. Essa proporcionalidade conduz a 36 gotas.

5. Alternativa B. Se 1 L de etanol produzido gera 18 L de vinhaça, a produção de 27.000 L gerará *x*; com $x = 486.000$ L. Como 1 L de vinhaça contém 60 mg de fósforo, em 486.000 L haverá *y*. A massa total de fósforo é $y = 29 \cdot 10^6$ mg = 29 kg.

6. Alternativa D. A criança de 16 kg deve ingerir 32 gotas. Se 1 gota contém 5,0 mg do princípio ativo, 32 gotas conterão *x*.

Isso conduz a $x = 160$ mg (massa a ingerir). Na forma disponível comercialmente, há 4,0 mg em 1 gota. Então, haverá 160 mg em y, o que conduz a $y = 40$ gotas.

7. Alternativa D, pois "4% em volume" significa que, "para cada 100 unidades volumétricas da solução, 4 são do soluto".

8. Alternativa D. Na mistura original, há 640 kg (80%) de água e 160 kg (20%) de etanol. No destilado, há 4 kg (4%) de água e 96 kg (96%) de etanol. No resíduo, a massa de água é 636 kg (640 kg − 4 kg) e a de etanol é 64 kg (160 kg − 96 kg). A massa total do resíduo é 700 kg (636 kg + 64 kg), e o etanol (64 kg) representa 9,1% dela (isto é, 100% · 64 kg/700 kg).

9. Alternativa B. Todo o etanol presente no lote a 96% em volume deve estar presente no lote a 70%. Então:
$0{,}96 \cdot 1.000\ \text{L} = 0{,}70 \cdot V \quad \Rightarrow \quad V = 1.371\ \text{L}$

10. Alternativa D. O princípio ativo corresponde a 10% do volume inicial (V_i) a 2% do volume final (1 L). Então:
$0{,}10 \cdot V_i = 0{,}02 \cdot 1\ \text{L} \quad \Rightarrow \quad V_i = 0{,}2\ \text{L} \quad \Rightarrow \quad V_i = 200\ \text{mL}$

11. a) A condição experimental em que as células humanas foram mais afetadas é a que utilizou a formulação contendo o pesticida **C**, pois, nessas condições, bastaram pouco mais de 10 ppm de princípio ativo para matar 100% das células.

b) Os gráficos indicam que a toxicidade do princípio ativo pode ser muito maior quando ele está na presença de adjuvantes. O aconselhamento ao parlamentar é no sentido de que ele **não** aprove a lei, pois ela determina que sejam consideradas "monografias [estudos] de ingrediente ativo publicadas pelo órgão federal de saúde". Pensando na saúde pública, o que se deveria considerar são estudos sobre as formulações (as misturas de ingrediente ativo com adjuvantes).

Referências suplementares

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p. 37-41, 2008.

Nesse artigo, as autoras apresentam uma proposta de ensino para auxiliar os estudantes a compreender o conceito de solução.

SIMONI, J. A.; TUBINO, M. Chafariz de amônia com materiais do dia a dia: uma causa inicial... quantos efeitos? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 16, p. 45-49, 2002.

Descreve um experimento para demonstrar vários fenômenos relacionados ao experimento "chafariz de amônia", que foi adaptado para realização com materiais de baixo custo. Os autores indicam os cuidados experimentais necessários e comentam diversas opções para o encaminhamento didático, explorando diferentes possibilidades que o experimento oferece, possibilitando que os estudantes elaborem hipóteses relacionadas aos modelos de formação de soluções.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1**, **2**, **6**, **7**, **9** e **10**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade prática* e nas propostas das seções *Atividade em grupo*.

UNIDADE 2 TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E ASPECTOS QUANTITATIVOS

Capítulo 9 Solubilidade e precipitação

Objetivos do capítulo

- Compreender e utilizar o conceito de solubilidade.
- Prever a possibilidade de, ao misturar soluções aquosas, ocorrer precipitação de compostos iônicos inorgânicos.
- Avaliar a solubilidade de compostos orgânicos em água.
- Identificar a estrutura de sabões e detergentes e suas propriedades emulsificantes e tensoativas.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo aborda aspectos numéricos da solubilidade de sólidos em água, as reações de precipitação de compostos iônicos pouquíssimo solúveis em água e as linhas gerais da solubilidade de compostos orgânicos, em água e em solventes apolares.

A abertura do capítulo contextualiza a solubilidade dos compostos em água e a ação de tensoativos, presentes na bile, no processo de digestão. A água é a substância existente em maior quantidade no organismo humano e participa de muitos processos vitais, atuando como solvente em muitos deles. No entanto, materiais apolares, como os óleos e as gorduras, não se dissolvem na água. No processo de digestão, por exemplo, as substâncias tensoativas presentes na bile possibilitam a formação de emulsões de substâncias apolares em água, facilitando a ação de enzimas digestivas que atuam em meio aquoso. Para aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes, cite o uso de sabões ou detergentes, que também possibilitam esse tipo de dispersão na limpeza da louça engordurada.

Questione qual é a concepção dos estudantes para essa dispersão das substâncias oleosas ou gordurosas em água sob a ação de sabões ou detergentes. Proponha que registrem suas explicações, a fim de que seja possível retornar a elas ao final do capítulo, buscando aprimorá-las e perceber o aprendizado.

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **5**, **7** e **8**, das **competências específicas 1** e **3** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT202**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, **EM13CNT206**, **EM13CNT207**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308**, **EM13MAT315**, **EM13CO20** e **EM13CO22**. O capítulo trata de assuntos relacionados a dois **TCT** – **Educação Alimentar e Nutricional** (da macroárea **Saúde**) e **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) – e aos **ODS 6** e **15**.

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

O processo de concentração da garapa envolve a evaporação de parte da água da solução. Considerando que se deseja iniciar a cristalização da sacarose presente em 1 L de solução de concentração 165 g/L, deve-se evaporar a água até que a concentração aumente para 660 g/L. Como nesse volume de solução há 165 g de sacarose, pode-se calcular que o volume deve ser reduzido a 0,25 L, que corresponde a um quarto do valor inicial.

Massa de sacarose		Volume de solução
660 g	——	1 L
165 g	——	x

$\Rightarrow \quad x = 0{,}25\ \text{L}$

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa D. A concentração máxima (estável) de soluto em uma solução torna-a saturada.

2. Alternativa B. Se 40 g de sal saturam 100 g de água, então x saturará 70 g. Chega-se a $x = 28$ g.

3. Alternativa C. Se 1.000 g de água dissolvem no máximo 3.000 g do sal, 500 g de água dissolverão 1.500 g. A massa total da solução saturada obtida será 2.000 g (500 g + 1.500 g).

4. **a)** Parte da glicose dissolvida na solução supersaturada precipita, tornando possível observar açúcar cristalizado.

b) Não. A solubilidade do açúcar diminui com a redução da temperatura; guardar o mel na geladeira pode favorecer a formação de cristais de açúcar sólido, em vez de evitá-la.

5. A solubilidade do KNO_3 a 10 °C é 20 g em 100 g de H_2O. Se 20 g saturam 100 g de água, então 9,0 g saturarão $x = 45$ g.

6. A solubilidade do $KClO_3$ a 70 °C é de 30 g de sal em 100 g de H_2O. Uma solução com 30 g desse sal e 100 g de água (massa total de 130 g) é saturada. A solução da atividade tinha, inicialmente, massa total de 260 g (o dobro de 130 g); assim, nela há 60 g de soluto e 200 g de solvente. Ao resfriá-la para 30 °C, a solubilidade decresce para 10 g de $KClO_3$ em 100 g de H_2O, o que equivale a 20 g de sal em 200 g de água. Assim, o resfriamento causará a precipitação de 40 g de $KClO_3$ (60 g − 20 g).

7. Uma solução saturada com 150 g de $K_2Cr_2O_7$ dissolvidos em 500 g de H_2O tem a mesma concentração (dividindo por 5) que uma com 30 g de $K_2Cr_2O_7$ dissolvidos em 100 g de H_2O. Pela figura, isso corresponde à solubilidade do $K_2Cr_2O_7$ a 50 °C.

8. A 80 °C, pois o gráfico informa que, a essa temperatura, a solubilidade do sal é de 100 g de sal para cada 100 g de água.

9. Alternativa C. O gráfico informa que o aumento de temperatura acarreta aumento da solubilidade do KI, não altera a do NaCl e diminui a do Li_2SO_4. Também informa que a solubilidade do KI é maior que a dos outros em todo o intervalo considerado.

Atividade em grupo – item 2

Entre as combinações possíveis no jogo, há mais sais solúveis em água do que insolúveis. Para resolver o problema, os estudantes deverão listar todas as possibilidades de combinação entre cátions e ânions. Em seguida, usando o Quadro 4 do Livro do Estudante, devem classificar os sais em solúveis ou insolúveis e, dessa forma, podem concluir que existe uma quantidade maior de sais solúveis (Quadro 1, adiante).

Se julgar conveniente, disponibilize materiais como cartolina, canetas coloridas, tesouras sem ponta e réguas para que os estudantes, em duplas ou pequenos grupos, confeccionem os dados de papel propostos na atividade e testem que há maior probabilidade de um dos jogadores vencer. É necessário um número suficientemente alto de lançamentos dos dados para que a amostragem seja significativa, o que pode ser obtido totalizando os resultados da turma toda.

Aplicando conhecimentos

10. $3\,Ca^{2+}(aq) + 2\,PO_4^{3-}(aq) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s)$
A precipitação evidencia que o produto não é solúvel em água.

11. $Pb^{2+}(aq) + CrO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbCrO_4(s)$

12. $Zn^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow ZnS(s)$

13. O precipitado é $PbCl_2$; $Pb^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq) \rightarrow PbCl_2(s)$.

14. O precipitado é AgCl; $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$.

15. O precipitado é $PbSO_4$; $Pb^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s)$.

16. Dos reagentes, apenas III permite a diferenciação, pois, ao ser misturado com um pouco da solução de NaCl, não produzirá efeito visível e, ao ser misturado com a de $CaCl_2$, produzirá um precipitado de $CaSO_4$. (O reagente I não produz precipitado com nenhuma, e o II produz precipitado, AgCl, com as duas.)

17. **a)** O raciocínio está correto. Dos três cátions em questão, o único que precipita com cloreto é Ag^+. Caso não haja Ag^+ na solução, o único dos outros dois que precipita com sulfato (do ácido sulfúrico) é Ca^{2+}. O cátion Na^+ não precipita com cloreto nem com sulfato.

b) $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$
$Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow CaSO_4(s)$

18. Como os nitratos e os acetatos são solúveis, não vamos nos preocupar com a possibilidade de sua precipitação como sal.
O Cl^-, do NaCl, formará precipitado ao reagir com Pb^{2+}:

$$Pb^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq) \rightarrow PbCl_2(s)$$

O CO_3^{2-}, do Na_2CO_3, formará precipitado com Pb^{2+} e Ca^{2+}:

$$Pb^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow PbCO_3(s)$$
$$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$$

Quadro 1. Possível representação referente à *Atividade em grupo*

cátion \ ânion	NO_3^- **nitrato**	CH_3COO^- **acetato**	Cl^- **cloreto**	SO_4^{2-} **sulfato**	S^{2-} **sulfeto**	PO_4^{3-} **fosfato**
Na^+ **sódio**	$NaNO_3$ solúvel	$NaCH_3COO$ solúvel	$NaCl$ solúvel	Na_2SO_4 solúvel	Na_2S solúvel	Na_3PO_4 solúvel
K^+ **potássio**	KNO_3 solúvel	KCH_3COO solúvel	KCl solúvel	K_2SO_4 solúvel	K_2S solúvel	K_3PO_4 solúvel
NH_4^+ **amônio**	NH_4NO_3 solúvel	NH_4CH_3COO solúvel	NH_4Cl solúvel	$(NH_4)_2SO_4$ solúvel	$(NH_4)_2S$ solúvel	$(NH_4)_3PO_4$ solúvel
Pb^{2+} **chumbo(II)**	$Pb(NO_3)_2$ solúvel	$Pb(CH_3COO)_2$ solúvel	$PbCl_2$ insolúvel	$PbSO_4$ insolúvel	PbS insolúvel	$Pb_3(PO_4)_2$ insolúvel
Ca^{2+} **cálcio**	$Ca(NO_3)_2$ solúvel	$Ca(CH_3COO)_2$ solúvel	$CaCl_2$ solúvel	$CaSO_4$ insolúvel	CaS solúvel	$Ca_3(PO_4)_2$ insolúvel
Fe^{2+} **ferro(II)**	$Fe(NO_3)_2$ solúvel	$Fe(CH_3COO)_2$ solúvel	$FeCl_2$ solúvel	$FeSO_4$ solúvel	FeS_2 insolúvel	$Fe_3(PO_4)_2$ insolúvel

Fonte: GILBERT, T. R. *et al*. **Chemistry**: an atoms-focused approach. 3. ed. Nova York: Norton, 2020. p. 360.

O teste com Ca^{2+} é mais específico, pois detecta apenas CO_3^{2-}. Assim, é recomendável que ele seja feito primeiro. Caso não haja precipitação, testa-se com Pb^{2+}, que permite decidir se o ânion é Cl^- (precipita) ou CH_3COO^- (não precipita). Um possível fluxograma é mostrado a seguir.

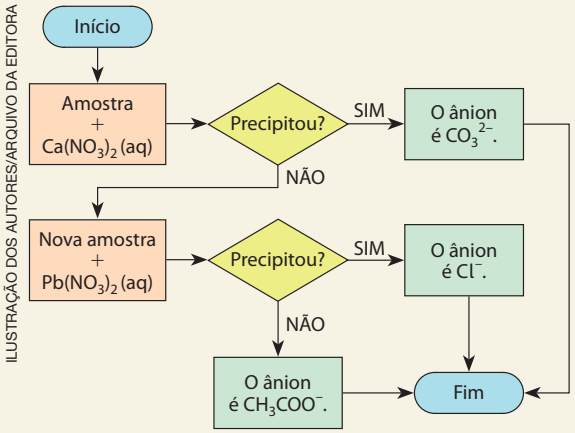


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Atividade prática – Movimento provocado por um agente tensoativo

O resultado desse experimento costuma surpreender alguns estudantes: o barquinho se move momentaneamente **na direção oposta àquela em que foi gotejado o detergente**, ou seja, ele se move **na direção em que a tensão superficial é maior**!

A atividade permite o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT302**. Incentive os estudantes a criarem seus próprios modelos para explicar a movimentação do barquinho sobre a água, incluindo um desenho esquemático do que acham que acontece, do ponto de vista físico-químico, na superfície do líquido.

Vamos à explicação: Considere o plano horizontal da superfície do líquido. No início, as moléculas de água se atraem em todas as direções desse plano. Ao colocar o papel (celulose, que tem muitos grupos —OH) na superfície, seu material interage atrativamente com as moléculas de água, sendo atraído por elas em todas as direções. Ao gotejar o tensoativo, as interações atrativas (água-água e água-celulose) são abruptamente rompidas de um dos lados do barquinho, que é puxado para o outro lado.

Um modelo possível para representar o fenômeno observado é pensar em um objeto ao qual estão conectados, em um plano horizontal, vários elásticos esticados. Se os elásticos de um dos lados forem cortados, a força resultante sobre o objeto deixará de ser nula, e ele será acelerado na direção oposta à dos elásticos que foram rompidos.

Atividade em grupo – item 3

Para desenvolver a atividade, estimule os estudantes a pesquisarem sobre a origem, o uso e as consequências trazidas pelo DDT, e sobre como a publicação de *Primavera silenciosa* foi recebida pela opinião pública. Proponha um debate sobre os riscos pessoais assumidos por um cientista, pesquisador ou jornalista ao publicar informações relevantes para a opinião pública e que podem contrariar interesses de grandes grupos empresariais e políticos. Discuta também a importância do apoio e do reconhecimento tanto dos seus pares quanto da opinião pública.

Para o desenvolvimento do *podcast*, oriente os estudantes para a necessidade de elaborar um roteiro, com introdução, desenvolvimento e conclusões (seção *Educação midiática*). O áudio pode ser divulgado em mídias sociais da escola, ampliando a discussão para o restante da comunidade escolar.

Educação Midiática – *Podcast*: informação quando e onde quiser

A seção fornece subsídios para a elaboração do episódio de *podcast* da *Atividade em grupo* anterior e contempla habilidades de elaborar conteúdos e disponibilizá-los em ambientes virtuais. Também auxilia a capacitar os estudantes a ouvirem de forma crítica os *podcasts*, tipo de mídia que tem crescido muito nos últimos anos e é bastante difundida entre o público jovem.

Proponha que escutem o episódio do *podcast ABCDEnergia* mencionado na seção. Disponível em: https://open.spotify.com/episode/6rC44ybhLdA9DwseF4KFsI. Acesso em: 13 out. 2024. Outras iniciativas semelhantes também podem ser pesquisadas, acessadas e ouvidas em sala de aula, fornecendo exemplos para a etapa de criação do episódio de *podcast*.

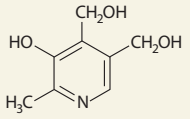
Oriente os grupos a planejarem e, de acordo com os recursos disponíveis, executarem e publicarem o episódio. Reforce a necessidade de pesquisa em fontes confiáveis e a contribuição de especialistas convidados como forma de garantir a credibilidade. Uma possibilidade interessante é propor a continuidade do *podcast*, situação em que os estudantes poderão avaliar a periodicidade, estratégias de divulgação (na escola e em redes sociais), a quantidade de acessos e as eventuais críticas e comentários, atualizando e melhorando sempre a produção.

A criação de *podcasts* é, por sua própria natureza, interdisciplinar. Os diversos gêneros do discurso poderão ser trabalhados pelo professor de Língua Portuguesa; o uso da música e de efeitos sonoros e sua relação com as mensagens e emoções transmitidas, pelo professor de Arte.

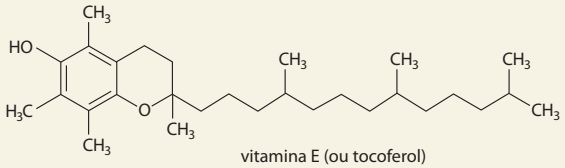
Aplicando conhecimentos

19. Alternativa C. As vitaminas I, II, IV e V são predominantemente hidrocarbônicas e, portanto, lipossolúveis; III apresenta vários grupos hidrófilos e, consequentemente, é hidrossolúvel.

20.



vitamina B_6 (ou piridoxina)



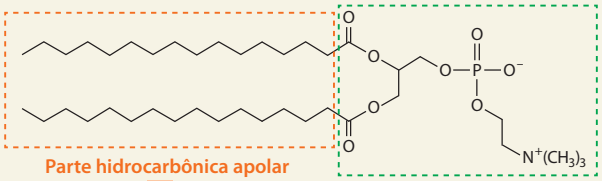
vitamina E (ou tocoferol)

A vitamina B_6 apresenta diversos grupos hidrófilos, sendo hidrossolúvel. Na vitamina E, predomina a parte hidrofóbica (lipofílica), sendo essa uma vitamina lipossolúvel e adequada para ser dissolvida em cápsulas de azeite (apolar).

21. O colesterol é praticamente insolúvel em água, pois na molécula predominam átomos de carbono e hidrogênio (apolar).

22. Alternativa B. O sabão ou o detergente interage com óleos e gorduras, por meio da cadeia hidrocarbônica (apolar), e com água, por meio da extremidade com carga elétrica (hidrófila).

23.



Parte hidrocarbônica apolar

Interage com estruturas apolares

Extremidade hidrófila

Interage com a água

24. A formação de uma camada de espuma sobre a água diminui a penetração da luz solar, necessária aos seres fotossintetizantes do meio aquático. Também reduz a entrada de gás oxigênio, proveniente do ar, para solubilização no meio aquoso. Esses fatos podem provocar a morte de formas de vida aquáticas.

Atividades finais

1. Alternativa D. Ao final da etapa 1, a solução está saturada de NaCl, mas não está saturada de outras substâncias. Por isso, na etapa 2, é possível dissolver $KMnO_4$ na solução.

2. Alternativa C. Pelo gráfico, temos:
A 50 °C, 100 g de H_2O são saturados por 250 g de açúcar.
A 20 °C, 100 g de H_2O são saturados por 200 g de açúcar.
A massa de açúcar que precipitou foi de 50 g (250 g – 200 g).

3. Alternativa C. O cátion alumínio é trivalente, Al^{3+}.

4. Alternativa E. As vitaminas I e IV apresentam vários grupos hidrófilos e são hidrossolúveis (solúveis em água). As vitaminas II e III, por apresentarem estrutura predominantemente hidrocarbônica, são lipossolúveis. Assim, uma vitamina adequada para a adição a sucos de frutas (meio aquoso) deve ser hidrossolúvel (I ou IV) e uma vitamina adequada para adição a margarinas (lipídicas) deve ser lipossolúvel (II ou III).

5. Alternativa B. O texto permite inferir que as substâncias tóxicas e alergênicas (que originam alergia) estão contidas na torta de mamona porque não são solúveis em óleo. Assim, tais substâncias têm baixa solubilidade em lipídios (não são lipófilas, não apresentam lipofilia) e alta solubilidade em água (são hidrófilas, apresentam hidrofilia).

Referências suplementares

FELIPE L. O.; DIAS, S. C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2017.

Artigo que comenta as características, vantagens e desvantagens de diferentes tipos de surfactantes.

MARSON, G. A.; SILVA, A. G. L. **Solubilidade**. SBQ – Química Nova Interativa. Disponível em: https://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=sala_de_aula.1. Acesso em: 13 jun. 2024.

O quarto vídeo desse endereço mostra a formação de precipitado na reação entre iodeto de potássio e nitrato de chumbo.

MATEUS, A. L. **Química na cabeça**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

Livro de experimentos sobre diversos temas de Química. Entre outros, há vários sobre solubilidade, cristalização e precipitação.

SEBRAE. **Como criar um podcast**. 11 maio 2023. Disponível em: https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/como-criar-um-podcast,2f2093b041db6810VgnVCM1000001b00320aRCRD. Acesso em: 13 out. 2024.

Publicação que apresenta um *checklist* para a criação de um *podcast* desde as primeiras etapas.

TRIPODI, G. Tutorial completo: aprenda como criar um podcast do zero. **Comunique-se**, 29 abr. 2022. Disponível em: https://www.comunique-se.com.br/blog/tutorial-completo-criar-um-podcast/. Acesso em: 13 out. 2024.

Tutorial que apresenta os elementos, o roteiro, a gravação, a edição e a publicação de um *podcast*.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1**, **2**, **4** e **5**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também, na avaliação, a participação na *Atividade prática* e na *Atividade em grupo*.

Capítulo 10 Quantidade de matéria e mol

Objetivos do capítulo

- Conhecer e diferenciar os conceitos de massa atômica, massa molecular e massa fórmula.
- Relacionar quantidade de matéria e constante de Avogadro.
- Relacionar massa, massa molar e quantidade de matéria.
- Saber determinar a porcentagem em massa de cada um dos elementos químicos que compõem uma substância.

Sugestões didáticas e comentários

Na abertura do capítulo, é comentada a dificuldade da contagem direta de átomos, moléculas ou íons. Para contextualizar o tema abordado neste capítulo, propõe-se uma questão que relaciona a quantidade de energia gasta para realizar uma atividade física, como a capoeira, e a quantidade necessária de moléculas de ATP para gerar essa energia. Sugerimos que estimule uma discussão com os estudantes sobre essa questão, verificando seus conhecimentos prévios. Esse exemplo será retomado e explicado no *Em destaque* do item 4.

Mostre que a contagem direta é um bom método para determinar a quantidade de objetos macroscópicos, porém é inviável para átomos, moléculas ou íons. Destaque que há cálculos apropriados para determinar a quantidade dessas partículas em uma amostra, aproveitando isso como gancho para entrar no item 1 e, a partir dele, desenvolver o restante dos conteúdos do capítulo.

É comum que os estudantes apresentem algumas dificuldades na conversão de unidades de medida e na aplicação das potências de dez. Por isso, ao mostrar os exemplos de cálculo presentes no Livro do Estudante, desenvolva cada um deles de maneira detalhada, mostrando o passo a passo na lousa. Se necessário, retome a discussão sobre proporcionalidade direta apresentada na seção *Em destaque* do item 6 do Capítulo 1.

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT105**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308** e **EM13MAT315**. O capítulo também menciona assuntos relacionados ao **TCT Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais Brasileiras** (da macroárea **Multiculturalismo**).

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

Como abrange cálculos com números decimais, o trabalho cooperativo (em duplas ou trios) pode auxiliar na sua concretização. Oriente os estudantes a: usar calculadora; realizar as operações utilizando as abundâncias isotópicas com todos os algarismos fornecidos e as massas atômicas dos isótopos com ao menos uma casa decimal; e expressar o resultado final com uma casa decimal. A expectativa é de que concluam que os valores obtidos são iguais aos apresentados na tabela periódica do final do Livro do Estudante.

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa B. A divisão da massa atômica do argônio-40 (40 u) pela massa atômica do hélio-4 (4 u) resulta em 10.

2. A massa das 20 moedas de 3,6 g é 72 g (20 · 3,6 g), a massa das 10 moedas de 3,9 g é 39 g (10 · 3,9 g) e a massa total é 111 g (72 g + 39 g). A massa média é obtida ao dividir 111 g por 30

o que resulta em 3,7 g. Trata-se de uma média ponderada, assim como o cálculo da massa atômica de um elemento com dois ou mais isótopos naturais.

3. O valor 64 u é a média aritmética simples de 63 u e 65 u. Como a porcentagem do isótopo de massa 63 u é maior, a média ponderada resultará em um valor mais próximo de 63 u do que de 65 u, sendo, portanto, menor do que 64 u.

4. $\frac{79 \cdot 24\ u + 10 \cdot 25\ u + 11 \cdot 26\ u}{100} = 24{,}3\ u$

5. Aproximadamente duas vezes, o que se conclui dividindo a massa atômica do enxofre (32,1 u) pela do oxigênio (16,0 u).

6. Aproximadamente 8,5. Ao dividir a massa atômica do urânio (238 u) pela do silício (28,1 u), obtém-se 8,5.

7. Alternativa E. A ideia envolvida é de proporcionalidade: se $3{,}8 \cdot 10^{-23}$ g é a massa de 1 átomo, então 19 g será a massa de x átomos; o que conduz a $x = 5 \cdot 10^{23}$. Considerando que 10^3 = 1 mil; 10^6 = 1 milhão; 10^9 = 1 bilhão; 10^{12} = 1 trilhão; 10^{15} = 1 quatrilhão; 10^{18} = 1 quintilhão; 10^{21} = 1 sextilhão; e 10^{24} = 1 setilhão, a resposta obtida é 500 sextilhões de átomos.

8. Dez moléculas de água (18 u) têm massa (10 · 18 u) equivalente à de uma molécula de glicose (180 u).

9. Fosgênio. O cálculo das massas moleculares resulta: CO_2: 44 u; NH_3: 17 u; C_2H_6: 30 u; SiH_4: 32 u; $COCl_2$: 99 u.

10. Alternativa A. O cálculo das massas moleculares resulta: C_2H_6: 30 u; PH_3: 34 u; NH_3: 17 u; NO_2: 46 u; N_2O_3: 76 u.

11. A massa de uma molécula não é necessariamente maior que a massa de qualquer átomo. A molécula de H_2, por exemplo, tem massa 2 u. Esse valor é menor que a massa atômica de qualquer elemento químico, exceto o hidrogênio.

12. 27 u e 27 u. A massa dos três elétrons perdidos para formar o cátion é desprezível se comparada à massa do núcleo.

13. 197 u para todos os três. A massa dos elétrons perdidos para formar os cátions é desprezível perante a massa do núcleo.

14. 32 u e 32 u. A massa dos dois elétrons recebidos para formar o ânion é desprezível se comparada à massa do núcleo.

15. Amônio. O cálculo das massas dos íons resulta: NO_3^-: 62 u; SO_4^{2-}: 96 u; PO_4^{3-}: 95 u; IO^-: 143 u; NH_4^+: 18 u.

16. Alternativa B. A massa de uma molécula de ácido acético é 60 u e a massa de um átomo de magnésio é 24 u. Dividindo 60 u por 24 u, obtemos 2,5. Para manter a mesma proporcionalidade, a resposta deve ter massa 2,5 vezes a do abacate. Multiplicando 400 g por 2,5, chegamos a 1.000 g, ou seja, 1 kg.

Dialogando com o texto – item 3

O objetivo do primeiro *Dialogando com o texto* do item 3 é que os estudantes percebam que, ao substituir a unidade de massa atômica unificada (u) por grama (g), mantendo o valor numérico, passamos a não mais representar a massa de um átomo, de uma molécula ou de um íon, mas de 1 mol de átomos, moléculas ou íons. A seguir, as respostas esperadas:

1. $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos de ouro (Au); 1 mol de átomos.
2. $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas de água (H_2O); 1 mol de moléculas.
3. $6{,}0 \cdot 10^{23}$ íons sulfato (SO_4^{2-}); 1 mol de íons.

O segundo *Dialogando com o texto* tem o objetivo de facilitar a compreensão da unidade da constante de Avogadro: mol^{-1}. Caso os estudantes apresentem dificuldade em compreender o expoente negativo em uma unidade de medida, forneça exemplos de potências com números para que eles recordem, por exemplo, que 1 dividido por 2 pode ser escrito como 2^{-1}.

Analogamente, quando uma unidade está no denominador, podemos escrevê-la sem representar a fração, utilizando o expoente negativo. Use como exemplo a unidade de velocidade m/s, explicando que podemos escrevê-la como $m \cdot s^{-1}$. A velocidade 5 m/s, por exemplo, é lida como cinco metros **por** segundo. Assim, a constante de Avogadro pode ser entendida como $6{,}0 \cdot 10^{23}$ partículas (átomos, moléculas, íons ou outras entidades) **por** mol.

Atividade em grupo – item 4

Pode-se resolver estipulando uma base de cálculo de 100 g (como massa total de uma amostra). Nessa amostra, há 65 g do elemento químico oxigênio (O), 18 g do elemento químico carbono (C), 10 g do elemento químico hidrogênio (H) e 3 g do elemento químico nitrogênio (N). Dividindo cada massa pela respectiva massa molar, obtemos a quantidade em mol: oxigênio: 4,1 mol; carbono: 1,5 mol; hidrogênio: 10 mol; e nitrogênio: 0,2 mol. O número de átomos é diretamente proporcional à quantidade em mol de átomos e, portanto, a ordem decrescente em número de átomos será: hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio.

Aplicando conhecimentos

17. Alternativa E. A massa atômica do bismuto (grupo 15, sexto período) é 209 u. Assim, a massa de 1 mol de átomos de bismuto é 209 g.

18. Alternativa D. A massa atômica do zinco (grupo 12, quarto período) é 65,4 u. Assim, a massa de 1 mol de átomos de zinco é 65,4 g.

19. Alternativa A. A massa molecular do C_2H_6 é 30 u. Então, a massa de 1 mol de moléculas de C_2H_6 é 30 g.

20. Alternativa B. A massa molecular do SO_2 é 64 u. Então, a massa de 1 mol de moléculas de SO_2 é 64 g.

21. Alternativa A. A massa atômica do bromo (grupo 17, quarto período) é 79,9 u. Assim, a massa de um íon Br^- também é 79,9 u, e a massa de 1 mol de átomos de íons Br^- é 79,9 g.

22. Alternativa E. A massa de 1 mol de íons NH_4^+ é 18 g, igual, portanto, à massa de 1 mol de moléculas de H_2O. (As massas de 1 mol de NO_3^-, N_2, Ca^{2+} e CH_4 são, respectivamente, 62 g, 28 g, 40 g e 16 g.)

23. Alternativa C. A massas de 1 mol de PO_4^{3-}, SO_3^{2-}, ClO_3^-, IO_3^-, NO_2^- e CO_3^{2-} são, respectivamente, 95 g, 80 g, 83,5 g, 175 g, 46 g e 60 g.

24. Se 27 g de alumínio é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, então 810 g será a massa de x átomos. Resolvendo: $x = 1{,}8 \cdot 10^{25}$.

25. 18 setilhões.

26. **a)** Massa de prata = 2,627 g − 1,970 g − 0,635 g = 0,022 g.
b) 197 g de ouro é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como 1,97 g é a massa de x átomos; $x = 6{,}0 \cdot 10^{21}$.
c) 63,5 g de cobre é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como 0,635 g é a massa de y átomos; $y = 6{,}0 \cdot 10^{21}$.

27. **a)** Dividindo 252 g por 7, chegamos a 36 g por gole.
b) 18 g de água é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas, assim como 36 g é a massa de x moléculas; $x = 1{,}2 \cdot 10^{24}$.

28. 28 g de silício é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como $56 \cdot 10^{-3}$ g (56 mg) é a massa de x átomos; $x = 1{,}2 \cdot 10^{21}$.

29. 73 g de germânio é a massa de $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como $73 \cdot 10^{-3}$ g (73 mg) é a massa de x átomos; $x = 6{,}0 \cdot 10^{20}$.
Se 1 átomo dopante corresponde a $1 \cdot 10^9$ átomos, então y átomos dopantes corresponderão a $6{,}0 \cdot 10^{20}$ átomos; $y = 6{,}0 \cdot 10^{11}$.

30. Dividindo $13 \cdot 10^3$ g por 26 g/mol, obtemos n = 500 mol.
O número de moléculas é 500 mol $\cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}, o que resulta em $3{,}0 \cdot 10^{26}$.

31. Dividindo 19,7 g por 197 g/mol, obtemos n(Au) = 0,1 mol.
Então: m(Ag) = n(Ag) · M(Ag) = 0,1 mol · 108 g/mol = 10,8 g.

32. Dividindo $6 \cdot 10^3$ g por 44 g/mol, obtemos $n(CO_2) = 136$ mol. Dividindo $5 \cdot 10^3$ g por 18 g/mol, obtemos $n(H_2O) = 278$ mol. Há mais moléculas no garrafão de bebedouro.

33. **a)** Dividindo $5{,}1 \cdot 10^{21}$ g por 29 g/mol, chega-se ao resultado $n = 1{,}8 \cdot 10^{20}$ mol.

b) $0{,}01\% \cdot 1{,}8 \cdot 10^{20}$ mol $= 1{,}8 \cdot 10^{16}$ mol.

c) $m = n \cdot M = 1{,}8 \cdot 10^{16}$ mol $\cdot$ 44 g/mol $= 7{,}9 \cdot 10^{17}$ g.
A massa de CO_2 (g) produzida pela humanidade desde a Revolução Industrial que permaneceu na atmosfera é de 790 bilhões de toneladas. Muito mais foi produzido, mas teve outros destinos, por exemplo, absorção pelos oceanos ou se transformou em biomassa por meio da fotossíntese.

d) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes associem o aumento da concentração atmosférica de CO_2 a atividades que envolvem queimadas e o uso de combustíveis fósseis e que proponham ações para promover a substituição desses combustíveis (energia solar ou eólica, por exemplo). Espera-se também que falem sobre a necessidade de campanhas educativas da população a respeito desse problema, com argumentos pertinentes.

34. **a)** A densidade da bolinha é maior que a do álcool e menor que a da água; logo, a densidade da água é maior que a do álcool. A água está no frasco **B**, pois, sendo mais densa, uma mesma massa ocupa menor volume. O álcool está no frasco **A**.

b) $M(C_2H_6O) = 46$ g/mol e $M(H_2O) = 18$ g/mol. A molécula de C_2H_6O tem 9 átomos e a de H_2O tem 3 átomos. Sendo m a massa de cada líquido, há mais mols de átomos em **A**:
Átomos no frasco **A**: $9 \cdot (m/46)$ mol $= 0{,}20\,m$ mol.
Átomos no frasco **B**: $3 \cdot (m/18)$ mol $= 0{,}17\,m$ mol.

35. Dividimos a massa de cada elemento em uma amostra de 100 g pela respectiva massa molar, obtendo a quantidade em mols de átomos. Assim, concluímos que a ordem decrescente em número de átomos será oxigênio (3,1 mol), silício (0,93 mol), hidrogênio (0,90 mol), alumínio (0,28 mol), sódio (0,11 mol), cálcio (0,085 mol), ferro (0,084 mol), magnésio (0,079 mol), potássio (0,062 mol) e titânio (0,01 mol).

36. **a)** 517 Mt $= 517 \cdot 10^6$ t $= 517 \cdot 10^{12}$ g (arroz produzido)
20 mg $= 20 \cdot 10^{-3}$ g (cada grão de arroz)
Dividindo o primeiro valor pelo segundo, e o resultado pela constante de Avogadro, temos: $4{,}3 \cdot 10^{-8}$ mol.

b) $4{,}3 \cdot 10^{-8}$ mol está para um ano, assim como 1 mol está para t. Resolvendo, obtemos $t = 2{,}3 \cdot 10^7$ ano. Seriam necessários 23 milhões de anos para a produção!

37. Alternativa D. Temos que $M(NaCl) < M(KCl)$. Consideremos uma amostra de NaCl e outra de KCl, de mesma massa m. Sendo $n = m/M$, concluímos que n é menor para a amostra de KCl, que tem massa molar maior. Isso significa que, na substituição mencionada, são removidos mais mols de Cl^- (junto com Na^+) do que são acrescentados (junto com K^+). Portanto, o sal *light* conterá menos íons Cl^- do que o sal normal.

Estratégia de estudo – Mapas mentais

Respostas pessoais. Retome as técnicas de fichamento de conteúdos e de elaboração de lista de tópicos (Capítulos 5 e 6) e mostre que esses métodos organizadores da informação são ampliados e potencializados pela elaboração de mapas mentais.

Mundo do trabalho – Vamos refletir sobre vida profissional?

Respostas pessoais. As atividades promovem o mapeamento de: profissionais de referência na comunidade; possibilidades e necessidades de atuação em diferentes áreas e no serviço voluntário; e espaços com oportunidades formativas. Discuta e organize com a turma a construção de mapas mentais nos quais eles possam registrar a descoberta de profissionais que moram na comunidade e que podem dialogar com interesses da turma, bem como empresas, coletivos e ONGs que podem contribuir com oficinas, ações formativas e projetos de ações voluntárias. O mapa pode ter conexões com espaços formais de educação, no nível técnico e no superior, favorecendo a articulação entre as dimensões pessoais, profissionais e sociais dos projetos de vida dos estudantes.

Dialogando com o texto – item 5

Primeiro erro: no cálculo de M(óxido), x e y estão trocados; o correto é: $M(\text{óxido}) = x \cdot M(E) + y \cdot 16$. Segundo erro: no cálculo de p, x deve estar no lugar de y: $p = [x \cdot M(E)/M(\text{óxido})] \cdot 100$. Terceiro erro: SIM e NÃO estão trocados de lugar entre si.

Aplicando conhecimentos

38. **a)** A fórmula molecular da hidrazina é: N_2H_4.

b) $M = 2 \cdot 14$ g/mol $+ 4 \cdot 1$ g/mol $= 32$ g/mol

c) $m(N) = 2 \cdot 14$ g $= 28$ g; $m(H) = 4 \cdot 1$ g $= 4$ g

39. A proporção, expressa por meio dos menores números inteiros, é: 20 mol de C : 30 mol de H : 1 mol de O. Consequentemente, a fórmula molecular da vitamina A é $C_{20}H_{30}O$.

40. Em 1 mol de Fe_2O_3 há 112 g de Fe e 48 g de O, conduzindo a $M = 160$ g/mol. Então, 160 g correspondem a 100%, assim como 112 g correspondem a $x = 70{,}0\%$.
Em 1 mol de Fe_3O_4 há 168 g de Fe e 64 g de O, conduzindo a $M = 232$ g/mol. Então, 232 g correspondem a 100%, assim como 168 g correspondem a $y = 72{,}4\%$ (maior porcentagem).

41. **a)** 95 g (1 mol de $MgCl_2$) correspondem a 100%, assim como 24 g (1 mol de Mg) correspondem a $x = 25\%$.

b) $25\% \cdot 100$ kg $= 0{,}25 \cdot 100$ kg $= 25$ kg

42. 60 g (1 mol de ureia) correspondem a 100%, assim como 28 g (2 mol de N) correspondem a $x = 47\%$.
80 g (1 mol de nitrato de amônio) correspondem a 100%, assim como 28 g (2 mol de N) correspondem a $y = 35\%$.
Há maior quantidade de nitrogênio por grama de ureia.

43. **a)** 265,8 g (1 mol de Nb_2O_5) correspondem a 100%, assim como $2 \cdot 92{,}9$ g (2 mol de Nb) correspondem a $x = 69{,}9\%$.

b) $m(Nb_2O_5) = 60\% \cdot 1$ t $= 0{,}60 \cdot 10^3$ kg $= 600$ kg.
$m(Nb) = 69{,}9\% \cdot 600$ kg $= 0{,}699 \cdot 600$ kg $= 419$ kg.

44. Aplicando as porcentagens a 162 g (1 mol de alicina), determinamos a massa carbono (72 g), hidrogênio (10 g), enxofre (64 g) e oxigênio (16 g) em 1 mol do composto. Dividindo cada uma pela respectiva massa molar do elemento, chegamos à quantidade em mols: $n(C) = 6$ mol; $n(H) = 10$ mol; $n(S) = 2$ mol e $n(O) = 1$ mol. Portanto, a fórmula molecular é $C_6H_{10}S_2O$.

Atividades finais

1. 18 g de água correspondem a $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas, assim como $0{,}60 \cdot 60 \cdot 10^3$ g (isto é, 60% de 60 kg) correspondem a x. Efetuando, chega-se a $1{,}2 \cdot 10^{27}$ (moléculas de água).

2. **a)** 7 g de lítio correspondem a $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como $1 \cdot 10^{-6}$ g correspondem a $x = 8{,}6 \cdot 10^{16}$ (átomos).

b) 24 g de magnésio correspondem a $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como $1 \cdot 10^{-6}$ g correspondem a $y = 2{,}5 \cdot 10^{16}$ (átomos).

c) 201 g de mercúrio correspondem a $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, assim como $1 \cdot 10^{-6}$ g correspondem a $z = 3{,}0 \cdot 10^{15}$ (átomos).

3. **a)** 86 quatrilhões de átomos.

b) 25 quatrilhões de átomos.

c) 3 quatrilhões de átomos.

4. Como $6{,}0 \cdot 10^{23}$ moléculas de etanol têm massa 46 g, então $1 \cdot 10^{9}$ moléculas têm massa $m = 7{,}7 \cdot 10^{-14}$ g, que **não** é detectável pela balança mencionada na atividade.

5. A massa de platina é 0,90 g (isto é, 90% de 1,0 g). Como 195 g desse metal correspondem a $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, então 0,90 g correspondem a $x = 2{,}8 \cdot 10^{21}$ (átomos).

6. Alternativa B. O enunciado afirma que a massa de cálcio recomendada é o dobro de 500 mg, ou seja, 1.000 mg (1 g). Como 40 g de cálcio correspondem a $6{,}0 \cdot 10^{23}$ átomos, então 1 g corresponde a $x = 1{,}5 \cdot 10^{22}$ (átomos).

7. Alternativa B. Como o IDA para cada 1 kg é de $40 \cdot 10^{-3}$ g, então, para uma pessoa de 70 kg, será $x = 2{,}8$ g. Dividindo essa massa por 294 g/mol, obtemos $n = 9{,}5 \cdot 10^{-3}$ mol.

8. Alternativa B. Em cada 100 g do organismo da criança existem, em média, 75 g de água. Como em 18 g de água há 16 g do elemento químico oxigênio, em 75 g haverá $x = 66{,}7$ g. Portanto, a proporção é de 66,7 g : 100 g, ou 2 : 3.

9. Há 28 g de silício (1 mol) em 60 g de SiO_2 (1 mol). Analogamente, há 42 g de silício em uma massa $x = 90$ g (de SiO_2). Portanto, a pureza da amostra é 90% (90 g em 100 g).

10. a) Como há 40 g de cálcio (1 mol) em 100 g de $CaCO_3$ (1 mol), haverá 36 g de cálcio em uma massa $x = 90$ g (de $CaCO_3$), o que indica uma pureza de 90%.

b) $90\% \cdot 1\text{ t} = 0{,}90\text{ t} = 900\text{ kg}$

11. Como há $3 \cdot 40$ g de cálcio (3 mol) em 310 g de $Ca_3(PO_4)_2$ (1 mol), haverá 30 g de cálcio em uma massa $x = 77{,}5$ g (de $Ca_3(PO_4)_2$), o que indica uma pureza de 77,5%.

12. Aplicando as porcentagens a 132 g, determinamos a massa carbono (108 g), hidrogênio (8 g) e oxigênio (16 g) em 1 mol do composto. Dividindo cada uma pela respectiva massa molar do elemento, chegamos à quantidade em mols: $n(C) = 9$ mol; $n(H) = 8$ mol; e $n(O) = 1$ mol. A fórmula solicitada é C_9H_8O.

13. Aplicando as porcentagens fornecidas a 194 g (1 mol de cafeína), determinamos a massa carbono (96 g), hidrogênio (10 g), nitrogênio (56 g) e oxigênio (32 g). Dividindo cada uma pela respectiva massa molar do elemento, chegamos a: $n(C) = 8$ mol; $n(H) = 10$ mol; $n(S) = 4$ mol e $n(O) = 2$ mol. Portanto, $C_8H_{10}N_4O_2$.

14. a) Pelo enunciado, deduzimos que a fórmula mínima é CF_2. Então, 50 g do composto (1 mol de "CF_2") equivalem a 100%, assim como 12 g (1 mol de C) equivalem a x e 38 g (2 mol de F) equivalem a y. Chegamos a $x = 24\%$ e $y = 76\%$.

b) Para 50 g de CF_2, há 38 g de F e 12 g de C. Assim, se 38 g estão para 12 g, x está para 48 g. Portanto, $x = 152$ g de F.

c) Se, em 50 g de teflon, há $3 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ átomos, então, em 100 g (o dobro), haverá $36 \cdot 10^{23}$ átomos. Como, em 18 g de água, há $3 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ átomos, então, em 50 g, haverá x. Determina-se $x = 50 \cdot 10^{23}$ átomos, mais do que na amostra de teflon.

15. Alternativa D. Cada 15 km percorridos acarretam consumo de 1 L de gasolina, cujo conteúdo de carbono é 0,6 kg. Então, a proporcionalidade é: 15 km correspondem a 600 g de carbono, assim como 600 km correspondem a $x = 2{,}4 \cdot 10^{4}$ g. Como cada átomo de carbono resultará em uma molécula de dióxido de carbono, temos: 12 g de carbono (1 mol) correspondem a 44 g de CO_2 (1 mol), assim como $2{,}4 \cdot 10^{4}$ g correspondem a y. Efetuando, chega-se a $y = 8{,}8 \cdot 10^{4}$ g = 88 kg.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1**, **6** a **8**, **12** e **15**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade em grupo* do item 4 e no *Dialogando com o texto* do item 5.

Capítulo 11 Proporção nas reações químicas: estequiometria

Objetivos do capítulo

- Perceber relações estequiométricas fundamentais e utilizá-las em cálculos para obter quantidades de reagentes ou produtos.
- Realizar cálculos estequiométricos em processos que envolvem reações sucessivas.
- Determinar o grau de pureza de uma substância a partir de dados pertinentes.
- Estimar o rendimento de uma reação a partir de dados experimentais adequados.

Sugestões didáticas e comentários

Na abertura do capítulo, é discutida a fermentação feita pelas leveduras na fabricação do pão. Sugerimos que inicie a aula questionando aos estudantes a causa de a massa crescer em razão da adição do fermento. Mencione que existem, para uso culinário, dois tipos de fermento: o químico e o biológico. Explique que o fermento biológico é composto de microrganismos conhecidos como leveduras e que, diferentemente dele, o fermento químico é composto de sais, como o hidrogenocarbonato de sódio.

Ao falar sobre o processo de fermentação descrito no texto, mostre que a fermentação que ocorre na panificação envolve a reação de fermentação alcoólica. Mencione também que as leveduras não têm enzimas para hidrolisar o amido (polissacarídio) da farinha de trigo, mas têm enzimas para hidrolisar a sacarose (dissacarídio). Embora possa haver uma pequena quantidade de dissacarídio na farinha, é comum adicionar um pouco de sacarose na massa para favorecer a fermentação.

Amplie o exemplo, mencionando outros processos químicos, e pergunte aos estudantes: Se uma reação química é realizada com quantidades conhecidas de reagentes, é possível prever a quantidade obtida de produtos? E, de modo inverso, é possível estimar a quantidade de reagentes necessária à obtenção de certa quantia de produtos? Utilize as respostas para averiguar conhecimentos prévios antes de explicar o que são os cálculos estequiométricos e aproveite essas concepções para elucidar os pontos de maior relevância ao longo da abordagem deste capítulo.

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento das **competências gerais 5**, **6** e **9**, da **competência específica 2**, e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT308**, **EM13MAT315** e **EM13CHS403**. Além disso, a seção *Estratégia de estudo* mobiliza alguns aspectos das **competências gerais 2** e **4**.

A seção *Mundo do trabalho* trata de assuntos relacionados a três **TCT** – **Trabalho** (macroárea **Economia**), **Ciência e Tecnologia** (macroárea **Ciência e Tecnologia**) e **Vida Familiar e Social** (macroárea **Cidadania e Civismo**) – e ao **ODS 4**.

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

1. Vamos deduzir a expressão que entra no lugar de "**?**":

$$\left.\begin{array}{ccc} \text{massa de A} & & \text{massa de B} \\ a \cdot M(\mathbf{A}) & \text{——} & b \cdot M(\mathbf{B}) \\ m(\mathbf{A}) & \text{——} & x \end{array}\right\} \Rightarrow x = \frac{b \cdot M(\mathbf{B}) \cdot m(\mathbf{A})}{a \cdot M(\mathbf{A})}$$

O volume de **B** pode ser determinado a partir da densidade, lida no bloco **3** (veja os números indicativos em magenta, junto do fluxograma na sua versão do Livro do Estudante):

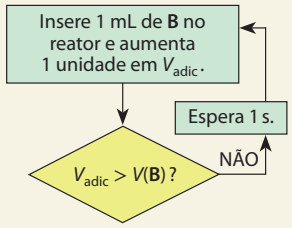
$$d(\mathbf{B}) = \frac{m(\mathbf{B})}{V(\mathbf{B})} \quad \Rightarrow \quad V(\mathbf{B}) = \frac{m(\mathbf{B})}{d(\mathbf{B})} \quad \Rightarrow \quad V(\mathbf{B}) = \frac{x}{d(\mathbf{B})}$$

Substituindo o valor de x, calculado anteriormente:

$$V(\mathbf{B}) = \frac{b \cdot M(\mathbf{B}) \cdot m(\mathbf{A})}{a \cdot M(\mathbf{A}) \cdot d(\mathbf{B})}$$

2. *Loop* é um conjunto de instruções (de um algoritmo) executadas repetitivamente, até que sejam alcançadas uma ou mais condições desejadas. No caso, o *loop* envolve os blocos **7** a **11** (nas indicações em magenta mencionadas). É o trecho:

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



Quando V_{adic} igualar $V(\mathbf{B})$ ou superá-lo ligeiramente (não superará por mais do que 1 mL), a resposta à pergunta no losango, "$V_{adic} = V(\mathbf{B})$?", será SIM, e o *loop* se encerrará, indo para o bloco **13** (indicação em magenta). A condição para encerrar o *loop* é, portanto, que a variável V_{adic} seja igual ou superior a $V(\mathbf{B})$.

Aplicando conhecimentos

1. A proporção H_2SO_4 : NaOH é 1 mol : 2 mol e também x : 10 mol. Efetuando, chega-se a $x = 10$ mol.

2. **a)** $2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g)$

b) 2 : 1 : 2

c) A proporção $H_2 : O_2 : H_2O$ é 2 mol : 1 mol : 2 mol e também 100 mol : 50 mol : x. Efetuando, chega-se a $x = 100$ mol.

3. **a)** A proporção $H_2SO_4 : Ca_3(PO_4)_2 : H_3PO_4$ é 3 mol : 1 mol : 2 mol e também $x : y$: 10 mol. Assim, $x = 15$ mol e $y = 5$ mol.

b) A proporção $H_3PO_4 : CaSO_4$ é 2 mol : 3 mol e 10 mol : z. Efetuando, obtém-se $z = 15$ mol.

4. **a)** $CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$

b) A massa de 1 mol de CO (28 g) mais a de 1 mol de NO_2 (46 g) resulta em 74 g. E a massa de 1 mol de CO_2 (44 g) mais a de 1 mol de NO (30 g) resulta em 74 g.

c) Sim, as duas massas são iguais, o que é decorrência de os átomos presentes nas moléculas de reagentes continuarem presentes nas moléculas dos produtos.

5. **a)** Dividindo $8{,}5 \cdot 10^6$ g por 17 g/mol, obtém-se $n = 5{,}0 \cdot 10^5$ mol.

b) A proporção $N_2 : H_2 : NH_3$ é 1 mol : 3 mol : 2 mol e também $x : y : 5{,}0 \cdot 10^5$ mol, sendo $x = 2{,}5 \cdot 10^5$ mol e $y = 7{,}5 \cdot 10^5$ mol.

c) $m(N_2) = 2{,}5 \cdot 10^5$ mol $\cdot$ 28 g /mol $= 7{,}0 \cdot 10^6$ g $= 7{,}0$ t

$m(H_2) = 7{,}5 \cdot 10^5$ mol $\cdot$ 2,0 g /mol $= 1{,}5 \cdot 10^6$ g $= 1{,}5$ t

d) A proporção (entre as massas) $N_2 : H_2 : NH_3$ é 28 g : 6 g : 34 g e também $a : b : 8{,}5 \cdot 10^6$ g, que conduz a $a = 7{,}0 \cdot 10^6$ g e $b = 1{,}5 \cdot 10^6$ g. Os resultados coincidem com os do item **c**, pois são dois modos equivalentes para esse cálculo.

6. A proporção $CaO : H_2SO_4$ é 56 g : 98 g e também $x : 4{,}9 \cdot 10^6$ g. Efetuando, chega-se a $x = 2{,}8 \cdot 10^6$ g $= 2{,}8$ t.

7. A proporção Cl_2 : NaOH : NaClO é 1 mol : 2 mol : 1 mol. Expressa em massa, ela é 71,0 g : 2 · 40 g : 74,5 g e também $x : y$: 1.490 g, que conduz a $x = 1.420$ g $= 1{,}42$ kg e $y = 1.600$ g $= 1{,}6$ kg.

8. A proporção MnO_2 : Mn é 1 mol : 1 mol, ou 87 g : 55 g, assim como $x : 5{,}0 \cdot 10^6$ g, do que se obtém $x = 7{,}9 \cdot 10^6$ g $= 7{,}9$ t.

9. **a)** A lei de Lavoisier enuncia que, quando uma reação química é realizada em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Fazendo, para cada experimento, $m(Mg) + m(O_2) = m(MgO)$, pode-se obter $m(O_2)$. Os resultados são, respectivamente, 3,20 g; 4,80 g; 6,40 g; 8,00 g; 9,60 g; e 11,20 g.

b) Empregando $n = m/M$ e considerando $M(Mg) = 24{,}3$ g/mol, $M(O_2) = 32$ g/mol e $M(MgO) = 40{,}3$ g/mol, montamos a tabela solicitada:

Experimento	n(Mg) (mol)	$n(O_2)$ (mol)	n(MgO) (mol)
1	0,20	0,10	0,20
2	0,30	0,15	0,30
3	0,40	0,20	0,40
4	0,50	0,25	0,50
5	0,60	0,30	0,60
6	0,70	0,35	0,70

c) $2\,Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2\,MgO(s)$; a tabela está de acordo com a proporção estequiométrica, que é de 2 : 1 : 2.

d) Não, a exemplo da reação equacionada no item anterior.

10. **a)** $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2\,HCl(g)$ **b)** 1 : 1 : 2 **c)** 1 : 1 : 2

11. **a)** $2\,H_2O(l) \rightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g)$ **b)** Os volumes dos dois produtos não são iguais porque a proporção $H_2 : O_2$ é 2 : 1.

12. **a)** e **b)** A proporção $C : O_2 : CO_2$ é 12 g : 24,5 L : 24,5 L e equivale a $2{,}4 \cdot 10^3$ g : x : y. Daí, decorre que $x = y = 4{,}9 \cdot 10^3$ L $= 4{,}9$ m^3.

13. Equacionando: $2\,KClO_3(s) \rightarrow 2\,KCl(s) + 3\,O_2(g)$. A proporção $KClO_3 : O_2$ é 2 mol : 3 mol ou $2 \cdot 122{,}5$ g : $3 \cdot 25$ L, que equivale a x : 0,500 L. Resolvendo, obtém-se $x = 1{,}63$ g.

Dialogando com o texto – item 3

Dividindo 10.000 g por 500 g, descobrimos que chegaram 20 xampus. Dividindo 8.000 g por 100 g, concluímos que chegaram 80 sabonetes. A proporção entre as quantidades de xampus e de sabonetes é 1 : 3. Então, para os 20 xampus, são necessários 60 sabonetes (mas vieram 80). Sobrarão 20 sabonetes.

Aplicando conhecimentos

14. **a)** $2\,NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,NO_2(g)$

b) Todo o NO reagiu e restou O_2 (em excesso) sem reagir.

15. **a)** $2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g)$; a proporção $H_2 : O_2 : H_2O$ é 2 mol : 1 mol : 2 mol. Reagirão 10 mol de H_2 e 5 mol de O_2, produzindo 10 mol de água.

b) Há 5 mol de reagente em excesso, o gás oxigênio (O_2).

16. **a)** A proporção $NH_3 : O_2$: NO é 4 mol : 5 mol : 4 mol. Reagirão 10 mol de NH_3 e 12,5 mol de O_2, produzindo 10 mol de NO.

b) Há 2,5 mol de reagente em excesso, o gás oxigênio (O_2).

17. **a)** A proporção $NH_3 : CO_2$ é 17 g : 44 g. Segundo essa proporção, 55 g : x, com $x = 142{,}4$ g. Isso significa que, para reagir com 55 g de NH_3, seria necessária uma massa de CO_2 maior do que a disponível (110 g). Portanto, há excesso de NH_3.

b) A proporção $CO_2 : H_2O$ é 44 g : 18 g, assim como 110 g : y. Resolvendo, obtém-se $y = 45$ g.

c) A proporção $CO_2 : NH_4HCO_3$ é 44 g : 79 g e também 110 g : z. A partir dessa proporcionalidade, chega-se $z = 198$ g.

Dialogando com o texto – item 4

Considerando a equação da reação química envolvida, que é $a\,\mathbf{A}(s) + b\,\mathbf{B}(l) \rightarrow c\,\mathbf{C}(s)$, notamos que há apenas um produto. Pela conservação dos átomos em uma reação química, a massa teórica de **C** (s) que deveria ser formada quando as massas $m(\mathbf{A})$ e $m(\mathbf{B})$ reagem estequiometricamente com rendimento total (100%) é igual a: $m(\mathbf{C})_{teórica} = m(\mathbf{A}) + m(\mathbf{B})$.

Então, o rendimento é dado por:

massa de C		rendimento
$m(\mathbf{C})_{\text{teórica}}$	—	100%
$m(\mathbf{C})_{\text{obtida}}$	—	r

$$\Rightarrow \quad r = \frac{m(\mathbf{C})_{\text{obtida}}}{m(\mathbf{C})_{\text{teórica}}} \cdot 100\%$$

Substituindo $m(\mathbf{C})_{\text{teórica}} = m(\mathbf{A}) + m(\mathbf{B})$, vem:

$$r = \frac{m(\mathbf{C})}{m(\mathbf{A}) + m(\mathbf{B})} \cdot 100\%$$

A parte numérica desse cálculo está no bloco **14** (indicação em magenta, na sua versão do Livro do Estudante).

Aplicando conhecimentos

18. Multiplicando a segunda equação por 2 e somando as duas: $2\,ZnS\,(s) + 3\,O_2\,(g) + 2\,CO\,(g) \rightarrow 2\,Zn\,(s) + 2\,SO_2\,(g) + 2\,CO_2\,(g)$
Como a proporção entre sulfeto de zinco, ZnS, e zinco metálico, Zn, é de 1 : 1, são obtidos 8,5 mol de Zn.

19. $m(Zn) = 8{,}5\ \text{mol} \cdot 65{,}4\ \text{g/mol} = 1{,}96 \cdot 10^6\ \text{g} = 1{,}96\ \text{t}$

20. Somando as equações: $N_2 + 3\,H_2 + CO_2 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$
A proporção $N_2 : CO(NH_2)_2$ é 1 mol : 1 mol. Então, a partir de 100 mol de N_2 são obtidos 100 mol de ureia.

21. $m(\text{ureia}) = 100\ \text{mol} \cdot 60\ \text{g/mol} = 6{,}0 \cdot 10^3\ \text{g} = 6{,}0\ \text{kg}$

22. O minério tem pureza de 80%, então a quantidade de Fe_2O_3 é de 800 kg. A proporção $Fe_2O_3 : Fe$ é 1 mol : 2 mol. Em massa, ela é de 160 g : 112 g, assim como 800 kg : x; com $x = 560$ kg. Destaque que a proporção entre massas deduzida (160 : 120) vale com ambas expressas em grama ou em quilograma.

23. Alternativa D. Massa de CaO = 62% · 1 t = 0,62 t.
A proporção $CaO : CO_2$ é 56 g : 44 g, assim como 0,62 t : x. Obtém-se $x = 0{,}49$ t, que, dividido por 1 t, resulta em um fator de emissão de CO_2 igual a 0,49, ou $4{,}9 \cdot 10^{-1}$.

24. Considerando as grandezas envolvidas, a proporção $Zn : H_2$ é 65,4 g : 22,4 L, assim como x : 0,560 L. Resulta $x = 1{,}64$ g. A amostra contém 1,64 g de zinco (Zn), que representa 41% da massa da liga (isto é, 100% · 1,64/4,0).

25. **a)** A proporção $CaCO_3 : CO_2$ é 100 g : 25 L, assim como x : 5,0 L. Isso resulta em $x = 20$ g.
b) 25 g : 100%, assim como 20 g : p. Obtém-se $p = 80$ %.

26. Cr_2O_3 e Al estão na proporção estequiométrica (não há reagente em excesso). A proporção $Cr_2O_3 : Cr$ é 1 mol : 2 mol, assim como 50 mol : x, resultando em $x = 100$ mol. Essa seria a quantidade de crômio obtida com rendimento máximo. Considerando o rendimento de 75%, obtêm-se 75 mol.

27. A proporção $Ag_2S : Ag$ é 1 mol : 2 mol. Considerando o rendimento de 80%, podemos corrigi-la para 1 mol : 1,6 mol. Aplicando-a a x : 16 mol, temos $x = 10$ mol.

28. **a)** A proporção $C_{12}H_{22}O_{11} : CO_2$ é 1 mol : 4 mol. Considerando as grandezas envolvidas, essa proporção é 342 g : 100 L, assim como 6.840 g : x, o que conduz a $x = 2.000$ L (volume obtido se o rendimento fosse total). Para determinar o rendimento real, consideramos que 2.000 L : 100%, assim como 900 L : r, o que fornece $r = 45\%$.
b) A proporção $C_2H_6O : CO_2$ é 46 g : 25 L, assim como y : 900 L. Resolvendo, obtém-se $y = 1{,}7 \cdot 10^3$ g = 1,7 kg.

Estratégia de estudo – Mapas conceituais

A seção prossegue a sequência que envolve fichamento de conteúdos, elaboração de lista de tópicos e de mapas mentais (Capítulos 5, 6 e 10). Saliente que, diferentemente dos mapas mentais, os mapas conceituais requerem a explicitação das relações entre os conceitos por meio de palavras de ligação.

Mundo do trabalho – Atuação profissional e Ciências da Natureza

A atividade propicia o conhecimento de carreiras profissionais ligadas às Ciências da Natureza e abrange aspectos da relação entre vida profissional e familiar, da reflexão sobre como administrar conflitos entre as duas instâncias, e da percepção de que o trabalho pode ser fonte de estresse, e este interfere na qualidade de vida e nas relações interpessoais, pessoais e profissionais.

Estimule os estudantes a indicar o que eles consideram um perfil adequado para uma profissão de sua escolha. Deixe claro que não existe uma regra, mas que características como proatividade, comprometimento, criatividade, organização e inteligência emocional podem contribuir para que o profissional tenha sucesso nas mais diversas áreas. Lembre-os de que devem pesquisar aspectos da atuação profissional como algo também voltado ao benefício da coletividade.

Se possível, promova uma palestra com profissionais como psicólogos e assistentes sociais, que poderão tirar dúvidas não apenas sobre vida profissional, mas sobre o desenvolvimento e a manutenção de relações profissionais e familiares saudáveis.

Para a produção dos vídeos, é importante auxiliar o estudante na produção de um roteiro, com base nos materiais obtidos. A atividade pode ser realizada com o auxílio do professor de Língua Portuguesa, especialmente na realização da 4ª etapa.

Atividades finais

1. Alternativa A. A diferença entre 2,6 mol e 0,45 mol resulta 2,15 mol, quantidade de CO_2 que deixa de ser emitida por quilômetro rodado. Como o trajeto é de 1.000 km, a quantidade de CO_2 que deixou de ser gerada é 2.150 mol. A proporção $C_2H_5OH : CO_2$ é 46 g : 2 mol, assim como m : 2.150 mol. Resolvendo-se, chega-se ao resultado $m = 49{,}450\ \text{g} \approx 50$ kg.

2. Alternativa C. A partir das massas molares dadas, chegamos a $M(KMnO_4) = 158$ g/mol e $M(C_2H_4) = 28$ g/mol. A proporção $KMnO_4 : C_2H_4$ é $2 \cdot 158$ g : $3 \cdot 28$ g, assim como $m : 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ g. Isso resulta em $m = 3{,}8 \cdot 10^{-3}\ \text{g} = 3{,}8$ mg.

3. Alternativa A.
$m(Cu_2S) = 7{,}95\% \cdot 1\ \text{t} = 0{,}0795 \cdot 10^6\ \text{g} = 7{,}95 \cdot 10^4$ g;
$M(Cu_2S) = 159$ g/mol; a proporção $Cu_2S : Cu$ é 159 g : 2 mol, assim como $7{,}95 \cdot 10^4$ g : n. O resultado é $n = 1{,}0 \cdot 10^3$ mol.

4. Alternativa C. $m(ZnS) = 75\% \cdot 100\ \text{kg} = 0{,}75 \cdot 100\ \text{kg} = 75$ kg
Multiplicando a segunda equação por 2 e somando-a com a primeira, obtemos: $2\,ZnS + 3\,O_2 + 2\,CO \rightarrow 2\,Zn + 2\,SO_2 + 2\,CO_2$.
A proporção ZnS : Zn é 1 mol : 1 mol e, considerando o rendimento de 80%, podemos corrigi-la para 1 mol : 0,80 mol. Então, a proporção em massa é 97 g : 0,80 · 65 g, assim como 75 kg : x, o que conduz a $x = 40{,}2$ kg.

5. Alternativa C. $m(FeS_2) = 90\% \cdot 2\ \text{kg} = 0{,}90 \cdot 2\ \text{kg} = 1{,}8$ kg
Multiplicando a segunda equação por 4, a terceira por 8 e somando-as com a primeira equação, obtemos:
$4\,FeS_2 + 15\,O_2 + 8\,H_2O \rightarrow 2\,Fe_2O_3 + 8\,H_2SO_4$
A proporção $FeS_2 : H_2SO_4$ é 1 mol : 2 mol e, considerando o rendimento de 90%, podemos corrigi-la para 1 mol : 1,8 mol. Assim, a proporção em massa é 120 g : 1,8 · 98 g, assim como 1,8 kg : x. Resolvendo, obtém-se $x = 2{,}6$ kg.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **5**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na atividade da seção *Mundo do trabalho*.

Capítulo 12 Quantificação de espécies em solução

Objetivos do capítulo

- Conhecer o conceito de concentração em quantidade de matéria e realizar cálculos envolvendo essa grandeza.
- Compreender a técnica da titulação ácido-base para determinar a concentração de uma solução problema.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo estende os temas tratados nos Capítulos 8, 10 e 11, interligando conceitos já estudados sobre soluções, quantidade de matéria e estequiometria. Inicialmente, ele aborda a concentração em quantidade de matéria, expressa em mol/L.

A seguir, aplica esse conceito a soluções de eletrólitos para quantificar e relacionar as concentrações de cátions e ânions.

Por fim, aborda a titulação ácido-base como um exemplo da importância do uso da concentração em quantidade de matéria para realizar cálculos estequiométricos referentes a processos com um ou mais reagentes em solução aquosa.

Por dentro da BNCC

Este capítulo, em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, propicia o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT308** e **EM13MAT315**. Além disso, a seção *Educação midiática* favorece o desenvolvimento da **competência geral 7**.

A *Atividade em grupo* do item 1 relaciona-se ao **TCT Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) e ao **ODS 6**. A seção *Em destaque* do item 2 aborda o **TCT Saúde** (macroárea de mesmo nome).

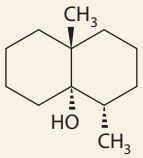
Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

- O solvente é a água (H_2O).
- O soluto é o sulfato de zinco ($ZnSO_4$).
- 2,0 mol, pois a solução tem concentração 2,0 mol/L.
- 323 g, que corresponde à massa de 2,0 mol de $ZnSO_4$.
- 323 mg, pois a unidade mg/mL equivale à unidade g/L.
- O processo é: dissolve-se 323 g de sulfato de zinco em uma pequena quantidade de água, em um béquer. Transfere-se, então, essa solução integralmente para um balão volumétrico de 1 L e adiciona-se água até a marca existente no balão. Tampa-se o balão volumétrico e agita-se (invertendo-se o balão) algumas vezes para homogeneizar.

Atividade em grupo – item 1

Oriente os estudantes a ler o texto e listar as informações necessárias para resolver o problema e quais delas não foram fornecidas. Eles devem pesquisar essas informações (a fórmula da geosmina para calcular a respetiva massa molar) e efetuar os cálculos necessários para obter a resposta.



geosmina

$(C_{12}H_{22}O)$

$M = 182\ g \cdot mol^{-1}$

Dividindo $16 \cdot 10^{-9}$ g por 182 g/mol resulta $n = 8{,}8 \cdot 10^{-11}$ mol. Multiplicando n pela constante de Avogadro, obtemos o número de moléculas de geosmina presente em 1 L.

Então:

Moléculas de geosmina		Volume de solução
$8{,}8 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{23}$	—	10^3 mL
x	—	19 mL

$\Rightarrow \quad x = 1{,}0 \cdot 10^{12}$

Assim, concluímos que existem 1 trilhão de moléculas de geosmina no gole de água considerado.

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa B. Se a concentração de uma solução é expressa em mol/dm^3, ela informa a quantidade de soluto, em mols, em cada litro (que equivale a um decímetro cúbico) de solução.
2. Alternativa D. O soluto é ácido nítrico e o solvente é água.
3. Alternativa E. Há 0,1 mol por litro de solução (0,1 mol/L).
4. Alternativa C. 6,3 g, pois a massa molar do HNO_3 é 63 g/mol.
5. Alternativa A. Se em um litro de solução há 0,1 mol, então em meio litro (500 mL) haverá 0,05 mol.
6. Alternativa C. É metade da massa respondida na atividade 4.
7. Alternativa B. Na atividade 4, determinamos a massa de soluto (6,3 g) em um litro de solução. Então, a concentração é 6,3 g/L.
8. Deve-se medir a massa de 34,2 g de sacarose (0,10 mol), dissolvê-la em um pouco de água destilada, em um béquer, e transferir integralmente a solução para um balão volumétrico de 1 L. Deve-se adicionar água destilada até a marca de aferição de 1 L, tampar e homogeneizar (invertendo o balão).
9. Cada litro de solução contém 2,0 mol de NaOH, ou seja, 80 g. Se 80 g : 1.000 mL, então m : 800 mL. Chega-se a $m = 64$ g.
10. Alternativa A. Determinamos a quantidade de NaOH nos frascos com a relação $n = m/M$, em que $M = 40$ g/mol. Chegamos, respectivamente, a 0,50 mol, 0,50 mol, 1,0 mol e 1,5 mol. Dividindo cada um desses valores pelo volume de solução (em litro), determinamos que as concentrações são, respectivamente, 1,0 mol/L, 0,5 mol/L, 2,0 mol/L, 1,5 mol/L.
11. $m = n \cdot M = 2 \cdot 10^{-2}$ mol $\cdot$ 98 g/mol = 1,96 g
    A concentração de ácido fosfórico é 1,96 g/L. Portanto, o refrigerante analisado deve ser **reprovado** por conter uma concentração de ácido fosfórico superior ao limite permitido. Cabe aqui destacar ao docente que a concentração limite de ácido fosfórico em bebidas estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é expressa pela autarquia em massa equivalente de P_2O_5 (anidrido fosfórico) por litro de refrigerante, sendo, dentro dessa consideração, 0,70 g/L. A conversão de P_2O_5 a H_3PO_4 é assim equacionada:
    $$P_2O_5\,(aq) + 3\,H_2O\,(l) \rightarrow 2\,H_3PO_4\,(aq)$$
    Considerando que a proporção $P_2O_5 : H_3PO_4$ é 1 : 2 e que as massas molares são, respectivamente, 142 g/mol e 98 g/mol, conclui-se que 0,70 g/L de P_2O_5 equivale a 0,97 g/L de H_3PO_4, valor apresentado no enunciado.
12. Sim, os dados são suficientes. Pela densidade, deduzimos que 1 L (1.000 cm^3) de solução tem massa total 1.190 g. A massa de soluto (Na_2SO_4) é 20% disso, ou seja, 238 g. Dividindo 238 g massa pela massa molar do soluto (142 g/mol), obtém-se $n = 1{,}68$ mol. Portanto, a concentração é 1,68 mol/L.
13. Alternativa C. Como a quantidade de soluto inicial é igual à final, temos que $n_{soluto\,i} = n_{soluto\,f}$, ou seja, $\mathcal{M}_i \cdot V_i = \mathcal{M}_f \cdot V_f$.
    0,8 mol/L $\cdot$ 0,2 L = 0,5 mol/L $\cdot$ $V_f \quad \Rightarrow \quad V_f = 0{,}32$ L
    Então, deve-se adicionar 120 mL de água.
14. A soma da quantidade de glicose presente nas duas soluções iniciais é igual à quantidade de glicose na solução resultante.

Designando por **A** a solução 1,0 mol/L, por **B** a solução 2,0 mol/L e por **f** a solução final, estabelecemos que:

$$n_{glicose,A} + n_{glicose,B} = n_{glicose,f}$$

o que conduz a:

$$\mathcal{M}_A \cdot V_A + \mathcal{M}_B \cdot V_B = \mathcal{M}_f \cdot (V_A + V_B)$$

Substituindo os valores numéricos e desenvolvendo, obtemos:

$$V_A = 4\,V_B$$

Então, o volume utilizado da solução **A** deve ser quatro vezes o da **B**, por exemplo, 4 L da solução **A** e 1 L da solução **B**.

Dialogando com o texto – item 2

Espera-se que os estudantes, por leitura e interpretação do texto *Importância de íons para a saúde humana*, concluam que a ingestão de íons sódio além do necessário pode provocar aumento do volume sanguíneo e da pressão arterial, bem como contribuir para a formação de edema (inchaço de tecidos) devido à retenção de fluido intersticial.

Aplicando conhecimentos

15. A equação química da dissociação, $KI(s) \rightarrow K^+(aq) + I^-(aq)$, indica que a proporção $KI : K^+ : I^-$ é 1 : 1 : 1. Portanto:
$\mathcal{M}(K^+) = 0{,}1$ mol/L e $\mathcal{M}(I^-) = 0{,}1$ mol/L

16. A equação $H_2SO_4(aq) \rightarrow 2\,H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ indica que a proporção $H_2SO_4 : SO_4^{2-}$ é 1 : 1. Então, $\mathcal{M}(SO_4^{2-}) = 0{,}003$ mol/L.

17. **a)** Na dissociação total, 1 mol de $Fe_2(SO_4)_3$ libera 2 mol de $Fe^{3+}(aq)$ e 3 mol de $SO_4^{2-}(aq)$. Então, a concentração de $Fe^{3+}(aq)$ é 0,2 mol/dm^3 e a de $SO_4^{2-}(aq)$ é 0,3 mol/dm^3.

b) A pesquisadora pode determinar o volume como segue:

$$V_{solução} = \frac{n(Fe^{3+})}{\mathcal{M}(Fe^{3+})} = \frac{0{,}04\text{ mol}}{0{,}2\text{ mol/dm}^3} = 0{,}2\text{ dm}^3 = 200\text{ mL}$$

18. Um modo de obter a concentração em mol/L a partir da concentração em mg/L é convertê-la inicialmente para g/L (Capítulo 8 deste Suplemento para o professor) e, a seguir, dividir pela massa molar do íon (os estudantes devem consultar a tabela periódica para determinar cada massa molar). Também é necessário que pesquisem as fórmulas dos íons que eventualmente não conheçam. Um exemplo de tabela possível para organizar as respostas está a seguir.

Íon	Fórmula	C(g/L)	M(g/mol)	$\mathcal{M}$(mol/L)
Bicarbonato	HCO_3^-	0,04121	61	$6{,}8 \cdot 10^{-4}$
Sódio	Na^+	0,00634	23	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$
Cálcio	Ca^{2+}	0,00582	40	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$
Nitrato	NO_3^-	0,00267	62	$4{,}3 \cdot 10^{-5}$
Potássio	K^+	0,00264	39	$6{,}8 \cdot 10^{-5}$
Magnésio	Mg^{2+}	0,00158	24	$6{,}6 \cdot 10^{-5}$
Sulfato	SO_4^{2-}	0,00096	96	$1{,}0 \cdot 10^{-5}$
Cloreto	Cl^-	0,00068	35,5	$1{,}9 \cdot 10^{-5}$
Fluoreto	F^-	0,00010	19	$5{,}3 \cdot 10^{-6}$
Fosfato	PO_4^{3-}	0,00005	95	$5{,}3 \cdot 10^{-7}$

A ordem decrescente solicitada é: bicarbonato, sódio, cálcio, potássio, magnésio, nitrato, cloreto, sulfato, fluoreto e fosfato.

19. Alternativa C. Dividindo 3.078 g por 342 g/mol, obtemos n(sal) = 9 mol. Na dissociação total, 1 mol de $Al_2(SO_4)_3$ libera 2 mol de $Al^{3+}(aq)$ e, portanto, 9 mol do sal liberarão 18 mol de $Al^{3+}(aq)$. Dividindo 18 mol por 450 L, obtém-se 0,04 mol $\cdot$ L^{-1}.

20. Alternativa E. A proporção entre volume de solução e massa de fluoreto é 1 L : $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ g, assim como $3 \cdot 10^4$ L : x. Efetuando, obtemos $x = 45$ g. Assim, a estação pode utilizar no máximo 45 g/s. Multiplicando esse resultado por 3.600 s/h, chegamos ao resultando de $1{,}62 \cdot 10^5$ g/h, ou 162 kg/h.

21. Alternativa B. Dividindo 90 g por 164 g/mol, obtemos a quantidade de $Ca(NO_3)_2$, $n = 0{,}55$ mol. Então, a concentração da solução é 0,55 mol/L. Na dissociação iônica, 1 mol de $Ca(NO_3)_2$ libera 2 mol de íons NO_3^-, que terão concentração 1,10 mol/L. Como a quantidade de nitrato se mantém na diluição, temos a igualdade $n_{soluto\,i} = n_{soluto\,f}$, ou seja, $\mathcal{M}_i \cdot V_i = \mathcal{M}_f \cdot V_f$. Assim:
1,10 mol/L $\cdot$ V_i = 0,009 mol/L $\cdot$ 5.000 L $\Rightarrow$ V_i = 41 L

22. Alternativa A. Na diluição, $\mathcal{M}_i \cdot V_i = \mathcal{M}_f \cdot V_f$. Portanto:
$1{,}0 \cdot 10^{-2}$ mol/L $\cdot$ $V_i = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L $\cdot$ 500 mL $\Rightarrow$ $V_i = 5{,}0$ mL
Mostre aos estudantes outra maneira de pensar nessa situação: a concentração deverá diminuir 100 vezes, então o volume deverá aumentar 100 vezes por adição de solvente. Como o volume final é 500 mL, o volume inicial é 100 vezes menor (5,0 mL).

Educação Midiática – Desinformação e notícias falsas

As atividades promovem análise crítica de mídias e aprimoramento das habilidades **EM13LP39** e **EM13LP40**.

1. Mobilize a turma a compartilhar as análises e as ferramentas de checagem que usaram, de modo que comparem os critérios de análise e ampliem repertórios de ferramentas, o que mobiliza a habilidade **EM13LP43**.

2. Em diálogo com as opiniões e os exemplos apresentados pelos estudantes, estabeleça relações entre o fenômeno das *fake news* e a adesão emocional do leitor, destacando como faz parte do conteúdo temático e do estilo do gênero provocar o engajamento pelas emoções e pelo viés de confirmação de valores. Explique que, por essa razão, elas circulam especialmente por redes sociais, em que as pessoas procuram seguir perfis similares aos seus, ficando confinadas nas chamadas bolhas digitais. Para um planejamento integrado com Língua Portuguesa, proponha aos estudantes que observem por um período determinados *feeds* de notícias e de conteúdos em suas redes sociais, analisando: Por que, possivelmente, esse conteúdo chegou até mim? O que ele fala a respeito de meus valores, crenças, visão de mundo, dos meus gostos e preferências? O que preciso questionar e problematizar para exercitar meu aprendizado de educação midiática? A atividade promove aspectos da habilidade **EM13LP41**, da **competência específica 7** de **LGG** e da **competência geral 5**. Se possível, promova também um cine-debate, com foco no papel das redes sociais na era da pós-verdade, com apreciação do documentário *O dilema das redes* (Título original *The social dilemma*, direção: Jeff Orlowski, EUA: Netflix, 2020. 94 min).

3. Ironia é uma figura de linguagem que expressa o contrário do que realmente se pretende dizer, como forma de humor ou crítica. A resposta envolve exemplos pessoais.

Aplicando conhecimentos

23. HCl e KOH reagem na proporção 1 mol : 1 mol. Então:
$\mathcal{M}_a \cdot V_a = \mathcal{M}_b \cdot V_b \Rightarrow \mathcal{M}_a \cdot 20\text{ mL} = 0{,}20\text{ mol/L} \cdot 30\text{ mL}$
$\mathcal{M}_a = 0{,}30$ mol/L (Não apresenta a concentração alegada.)

24. H_2SO_4 e NaOH reagem na proporção 1 mol : 2 mol. Então:
$2 \cdot \mathcal{M}_a \cdot V_a = \mathcal{M}_b \cdot V_b \Rightarrow 2 \cdot \mathcal{M}_a \cdot 25{,}0\text{ mL} = 0{,}100\text{ mol/L} \cdot 20{,}0\text{ mL}$
$\mathcal{M}_a = 0{,}040$ mol/L (Cada 1 L contém 0,040 mol de H_2SO_4.)
$m(H_2SO_4) = 0{,}040\text{ mol} \cdot 98\text{ g/mol} = 3{,}92$ g
A concentração é 3,92 g/L. Portanto, a informação é verdadeira.

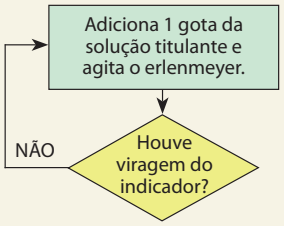
25. CH_3COOH e NaOH reagem na proporção 1 mol : 1 mol. Então:
$\mathcal{M}_a \cdot V_a = \mathcal{M}_b \cdot V_b \Rightarrow \mathcal{M}_a \cdot 20{,}0\ mL = 0{,}40\ mol/L \cdot 25{,}0\ mL$
$\mathcal{M}_a = 0{,}50\ mol/L$
$m(CH_3COOH) = 0{,}50\ mol \cdot 60\ g/mol = 30\ g$ (em 1 L de solução)
A densidade informa que 1 L (1.000 mL) tem massa 1.000 g.
Se 1.000 g : 100%, então 30 g : p, com $p = 3\%$.
Portanto, o vinagre não atende à especificação.

26. $n_a = \mathcal{M}_a \cdot V_a = 16\ mol/L \cdot 5.000\ L = 8{,}0 \cdot 10^4\ mol$
A proporção $H_3PO_4 : Ca(OH)_2$ é 2 mol : 3 mol. Considerando as grandezas envolvidas, a proporção é 2 mol : $3 \cdot 74$ g, assim como $8{,}0 \cdot 10^4$ mol : x, resultando $x = 8{,}9 \cdot 10^6\ g = 8{,}9\ t$. Portanto, 10 t de cal hidratada serão suficientes para a neutralização.

27. **a)** A divisão em partes está indicada em magenta (apenas ao professor), no fluxograma do enunciado. Interprete o fluxograma com os estudantes, para certificar-se de que todos o compreenderam. Saliente que, na bifurcação inicial, se a resposta for NÃO, significa que se trata de titulação de base, e, se for SIM, significa que se trata de titulação de ácido.

b) O *loop* corresponde ao conjunto de instruções:

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA



A condição para encerrar o *loop* é que aconteça a viragem do indicador, pois, nesse caso, a resposta à pergunta formulada no bloco de decisão (losango) será SIM.

c) H_xA e $B(OH)_y$ reagem na proporção y mol : x mol. Isso conduz a $x \cdot \mathcal{M}_{ácido} \cdot V_{ácido} = y \cdot \mathcal{M}_{base} \cdot V_{base}$. Para a titulação de base, isolamos $\mathcal{M}_{base}$ e substituímos $V_{base} = z$, obtendo:

$$\mathcal{M}_{base} = \frac{x \cdot \mathcal{M}_{ácido} \cdot V_{ácido}}{y \cdot z}$$

Para a titulação de ácido, isolamos $\mathcal{M}_{ácido}$ e substituímos $V_{ácido} = z$, obtendo:

$$\mathcal{M}_{ácido} = \frac{y \cdot \mathcal{M}_{base} \cdot V_{base}}{x \cdot z}$$

Atividades finais

1. Alternativa B. A dividão de 3,42 g por 342 g/mol fornece $n = 0{,}01$ mol. Dividindo esse resultado por $5 \cdot 10^{-2}$ L, concluímos que a concentração é 0,2 mol/L.

2. Alternativa A. $m_{soluto} = 0{,}01\ mol/L \cdot 0{,}5\ L \cdot 158\ g/mol = 0{,}79\ g$

3. Alternativa B. A divisão de $80 \cdot 10^{-3}$ g por 194 g/mol fornece $n = 4{,}1 \cdot 10^{-4}$ mol. Dividindo esse resultado por 0,200 L, concluímos que a concentração é 0,002 mol/L.

4. Alternativa B. Temos as massas (em mg) presentes em 1 L. Convertendo-as para grama e dividindo cada uma pela respectiva massa molar, obtemos, respectivamente, $9{,}6 \cdot 10^{-5}$ mol, $78 \cdot 10^{-5}$ mol e $50 \cdot 10^{-5}$ mol (presentes em 1 L de solução).

5. Alternativa C. Temos as massas (em mg) presentes em 200 mL. Convertendo-as para grama e dividindo cada uma pela respectiva massa molar, obtemos, respectivamente, $8{,}2 \cdot 10^{-3}$ mol, $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol e $1{,}7 \cdot 10^{-3}$ mol (em 200 mL de solução).

6. Alternativa E. Se há 0,07 g de ácido ascórbico em 200 mL de suco, em 1 L de suco (5 vezes 200 mL) haverá 0,35 g desse composto (5 vezes 0,07 g). Dividindo 0,35 g por 176 g/mol, chegamos a $n = 0{,}002$ mol. Então, a proporcionalidade entre quantidade de vitamina C e volume de suco de laranja é 0,002 mol : 1 L, assim como 0,006 mol : x. Obtemos $x = 3$ L.

7. Alternativa B. Dividindo a massa de sulfato de ferro(II) (0,3 g) pela sua massa molar (152 g/mol), obtemos $n = 0{,}002$ mol. A divisão de 0,002 mol pelo volume de solução (0,010 L) fornece a concentração de 0,2 mol/L (frasco 2).

8. Alternativa D. Para a diluição, temos $\mathcal{M}_i \cdot V_i = \mathcal{M}_f \cdot V_f$. Então:
$0{,}5\ mol/L \cdot V_i = 0{,}1\ mol/L \cdot 200\ mL \Rightarrow V_i = 40\ mL$

9. Frasco A: $\mathcal{M}_a \cdot V_a = 0{,}10\ mol/L \cdot 0{,}300\ L = 0{,}030$ mol.
Frasco B: $\mathcal{M}_b \cdot V_b = 0{,}20\ mol/L \cdot 0{,}100\ L = 0{,}020$ mol.
Como HCl e NaOH reagem na proporção 1 mol : 1 mol, a solução final terá caráter ácido devido ao excesso de HCl.

10. Alternativa D. $n(H_2O_2) = \mathcal{M} \cdot V = 0{,}1\ mol/L \cdot 0{,}020\ L = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol
A proporção dos reagentes $H_2O_2 : KMnO_4$ é 5 mol : 2 mol, assim como $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol : x, e resulta $x = 8{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol.

Referências suplementares

CURI, D. Colorimetria: determinação de Fe^{3+} em água. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 39-42, 2006.

Artigo que descreve um experimento que permite explorar o princípio em que se baseia a colorimetria (de modo visual, sem necessidade de usar espectrofotômetro) a fim de avaliar a concentração de íons ferro(III) em água. Permite conexão com uma extensa e relevante área, a Química Analítica.

FERREIRA, L. H. *et al*. Experimentação em sala de aula e meio ambiente: determinação simples de oxigênio dissolvido em água. **Química Nova na Escola**, n. 19, p. 32-35, 2004.

Apresenta um método experimental para a determinação semiquantitativa da concentração de oxigênio dissolvido na água.

SILVA, E. O. Explorando as bases matemáticas da volumetria: uma proposta didática. **Química Nova na Escola**, n. 13, p. 13-17, 2001.

Proposta de trabalho interdisciplinar com a Matemática, ressaltando aspectos de funções lineares presentes na modelagem matemática do processo de titulação ácido-base.

PHET. **Simulador de concentração em quantidade de matéria**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/molarity. Acesso em: 29 out. 2024.

Possibilita a simulação da concentração em quantidade de matéria. Permite optar entre diferentes solutos e variar tanto a quantidade de soluto quanto o volume total da solução.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **4** e **7**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade em grupo* e nas propostas da seção *Educação midiática*.

Capítulo 13 Termoquímica, petróleo e combustíveis

Objetivos do capítulo

- Entender o significado de variação de entalpia (ΔH) referente a uma mudança de fase ou a uma reação química.
- Construir e interpretar diagramas de entalpia referentes a processos exotérmicos e processos endotérmicos.
- Determinar ΔH de uma reação química usando a lei de Hess e entalpias-padrão de combustão ou de formação.
- Ter noção sobre a origem, a composição, a extração e o fracionamento do petróleo.

Sugestões didáticas e comentários

Neste capítulo, são abordados diversos aspectos relevantes envolvendo liberação ou absorção de energia em mudanças de fase e em reações químicas. O capítulo perpassa assuntos como processos exotérmicos e processos endotérmicos, representação termoquímica de fenômenos, petróleo, combustíveis, lei de Hess e utilidade das entalpias-padrão.

A abertura do capítulo tem dupla finalidade: menciona o conteúdo energético de nutrientes, explicando quais unidades de medida são costumeiramente empregadas para expressá-lo (cuidados relativos à alimentação serão o tema da seção *Em destaque* do item 5), e também, por meio da foto de abertura, oportuniza a discussão sobre povos originários (realizada na seção *Em destaque*, logo após a abertura).

O capítulo aproveita os temas abordados para mencionar a relevância do princípio da conservação da energia, para comentar como a ficção científica frequentemente distorce o modo de trabalho da Ciência e para discutir o que é negacionismo.

Durante a abordagem de aspectos da termoquímica, recomendamos que você, desde o item 1 do capítulo, lance mão dos diagramas de entalpia como representações potencializadoras do aprendizado. Por exemplo, para ilustrar a lei de Hess como instrumento para estimar a variação de entalpia de um processo, utilize inicialmente o exemplo descrito na Figura 15 do Livro do Estudante. A seguir, trabalhe um exemplo numérico, como a determinação $\Delta_r H^\ominus$ para a combustão incompleta da grafite, reação química de difícil realização prática com alto rendimento.

$$C\,(graf.) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \rightarrow CO\,(g) \qquad \Delta_r H^\ominus = ?$$

As combustões completas da grafite e do monóxido de carbono são simples de realizar, e os valores de $\Delta_r H^\ominus$, a 25 °C, podem ser determinados com relativa facilidade:

$$C\,(graf.) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) \qquad \Delta_r H^\ominus = -394\ kJ/mol$$

$$CO\,(g) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) \qquad \Delta_r H^\ominus = -283\ kJ/mol$$

Com esses valores, podemos usar a lei de Hess para determinar o $\Delta_r H^\ominus$, a 25 °C, da combustão incompleta da grafite:

$$C\,(graf.) + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g) \qquad \Delta_1 H^\ominus = -394\ kJ/mol$$

$$CO_2\,(g) \rightarrow CO\,(g) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \qquad \Delta_2 H^\ominus = +283\ kJ/mol$$

(+)

$$C\,(graf.) + \frac{1}{2}O_2\,(g) \rightarrow CO\,(g) \qquad \Delta_r H^\ominus = \Delta_1 H^\ominus + \Delta_2 H^\ominus$$

$$\Delta_r H^\ominus = -111\ kJ/mol$$

Graficamente, temos:

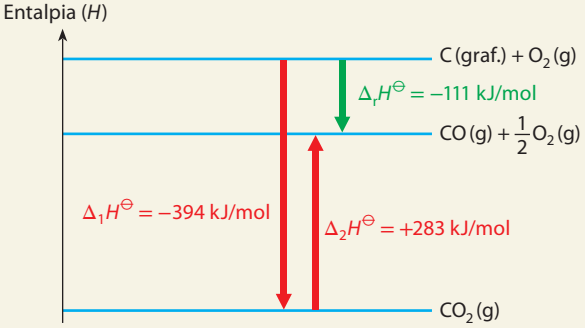


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Também para exemplificar a utilização de diagramas de entalpia – complementar aos diagramas apresentados nos itens 1 e 2 do Livro do Estudante (que são mais simples e de caráter introdutório) –, mostramos a seguir um diagrama que você pode usar para ilustrar graficamente a discussão do item 3 (sobre aplicação de entalpias-padrão de combustão).

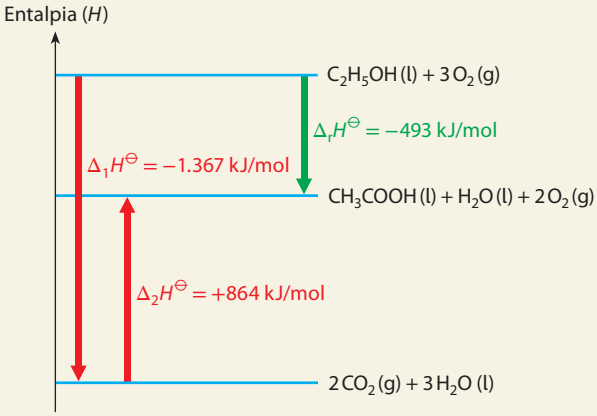


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **3**, **7** e **10**, da **competência específica 2** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202**, **EM13CNT207**, **EM13CNT208**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308**, **EM13CNT309**, **EM13MAT101**, **EM13MAT315**, **EM13CHS601** e **EM13LGG102**.

Neste capítulo, são também abordadas temáticas relacionadas aos **TCT: Diversidade Cultural** (macroárea **Multiculturalismo**), **Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais Brasileiras** (macroárea **Multiculturalismo**), **Educação Alimentar e Nutricional** (macroárea **Saúde**) e **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**). Os **ODS 12**, **13** e **16** também permeiam assuntos tratados neste capítulo.

Resoluções e comentários

Em destaque – Povos originários

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes se expressem de modo a mostrar a compreensão de que essas "descobertas" foram, de fato, invasões de territórios de povos originários.
2. Resposta pessoal. Em linha com a atividade anterior, espera-se a associação da frase às múltiplas formas de opressão de que os povos originários foram e são vítimas.
3. "Episteme" pode ser entendida como um conjunto de conhecimentos que se fundamentam em estudos metódicos, e não em opiniões infundadas ou sem reflexão. "Epistêmico" significa relativo à episteme. "Legitimar" é tornar legítimo, reconhecer como verdadeiro ou autêntico. A expectativa é de que os estudantes expliquem que as duas perguntas retóricas expressam a dificuldade de os povos originários conquistarem e manterem espaços geográficos e culturais diante das perdas a eles impostas.
4. A pretensão é de que os estudantes, no contexto da abordagem da seção, reconheçam a relevância da lei na valorização e manutenção da cultura brasileira. Na pesquisa, eles tomarão conhecimento de que a lei mencionada altera parte da atual lei que estrutura o sistema educacional brasileiro (nº 9.394, de 1996) ao determinar que, nos "estabelecimentos de ensino fundamental e de ensino médio, públicos e privados, torna-se obrigatório o estudo da história e cultura afro-brasileira e indígena" e especificar que o conteúdo programático deverá incluir "diversos aspectos da história e da cultura que caracterizam a formação da população brasileira, a partir desses dois grupos étnicos" (BRASIL. Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 11.645, 10 mar. 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11645.htm. Acesso em: 20 out. 2024.).

5. Resposta pessoal. A expectativa é a contraposição entre o modelo que explora os recursos naturais para obter lucro sem quaisquer ações eficazes para o desenvolvimento sustentável e o modelo que considera o ser humano como parte da natureza, integrado a ela, e não como seu "proprietário".

A participação do docente de Geografia nas discussões referentes às atividades oportuniza o desenvolvimento das habilidades **EM13CHS203**, **EM13CHS204**, **EM13CHS306** e **EM13CHS502**.

Aplicando conhecimentos

1. Espera-se que os estudantes concluam que sentimos a pele esfriar porque ocorre transferência de calor da mão para a água, calor este absorvido na vaporização do líquido.

2. Parte da água que está na superfície externa da cerâmica evapora, e esse processo é endotérmico. Ocorre transferência de calor da cerâmica para essa parte do líquido que vaporiza, fazendo com que a temperatura diminua.

3. **a)** A seta que aponta para cima indica absorção de energia em um processo endotérmico, e a seta que aponta para baixo indica liberação de energia em um processo exotérmico.

b) $H_2O\,(l) \rightarrow H_2O\,(g) \qquad \Delta H = +44$ kJ/mol

$H_2O\,(g) \rightarrow H_2O\,(l) \qquad \Delta H = -44$ kJ/mol

c) Na evaporação, ocorre ruptura de interações intermoleculares, e esse rompimento requer absorção de energia. Já na condensação, formam-se interações intermoleculares e, por isso, ocorre a liberação de energia.

4. **a)**

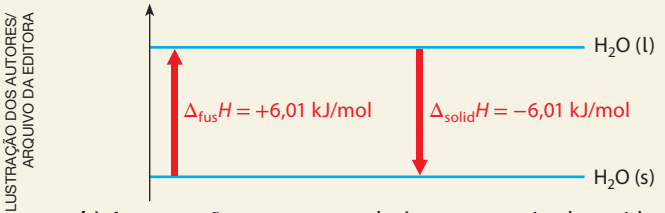


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

b) A proporção entre massa de água e energia absorvida é 18 g : 6,01 kJ, assim como 1 g : x. Resulta $x = 0{,}33$ kJ.

5.

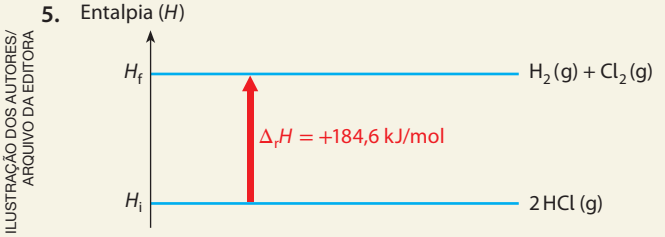


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

6. Quando 1 mol de etanol líquido reage, a pressão constante, com 3 mol de oxigênio gasoso, produzindo 2 mol de gás carbônico e 3 mol de água líquida, há liberação de 1.367 kJ de energia.

7. Alternativa B. Quando 2 mol de hidrogênio gasoso reagem, à pressão constante, com 1 mol de oxigênio gasoso, produzindo 2 mol de água líquida, há a liberação de 572 kJ de energia.

8. A proporção massa de CH_4 : energia liberada é 16 g : $8{,}0 \cdot 10^5$ J, assim como x : $16 \cdot 10^6$ J, o que conduz a $x = 320$ g.

9. $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O\,(g) \qquad \Delta_r H = -241{,}8$ kJ/mol

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O\,(l) \qquad \Delta_r H = -285{,}8$ kJ/mol

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O\,(s) \qquad \Delta_r H = -291{,}8$ kJ/mol

Os valores de $\Delta_r H$ são distintos porque o produto (água) se encontra em fases distintas. A entalpia de 1 mol de água é maior na fase gasosa e menor na fase sólida.

10. O diagrama de entalpia solicitado (fora de escala) é:

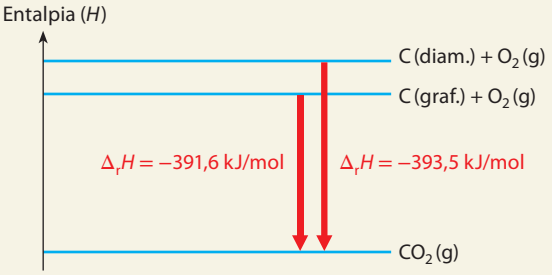


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

A combustão de C (diam.) libera mais energia que a de C (graf.). Então, o diamante tem maior entalpia (por mol) que a grafite.

11. Basta calcular a diferença entre os níveis entálpicos dos reagentes das duas reações esquematizadas: $\Delta_r H = +1{,}9$ kJ/mol.

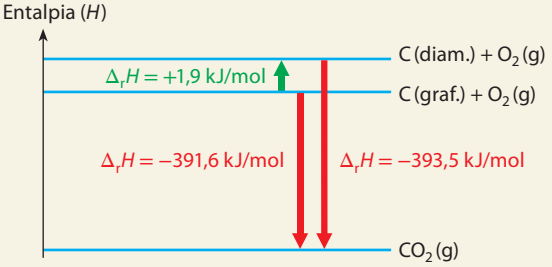


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

12. O gráfico mostra que há absorção de 500 kJ juntamente com a produção de 100 g de HCN. Como a massa molar do HCN é 27 g/mol, temos que 100 g : 500 kJ, assim como 27 g : x. Resulta em $x = 135$ kJ. Portanto, $\Delta_r H = +135$ kJ/mol.

Em destaque – Conservação da energia: um importante princípio da Física

Ao abordar essa seção, explore alguns significados populares da palavra "energia". Peça aos estudantes que citem super-heróis e exemplifiquem situações de utilização de grandes quantidades de energia por eles. Por exemplo, podem citar saltos a grandes distâncias, corridas a velocidades extremas ou o levantamento de objetos muito pesados. Discuta as percepções dessas situações, estabelecendo um paralelo com a concepção científica de energia e o princípio de que ela não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Como apoio ou alternativa, utilize a simulação sobre interconversão de energia disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_all.html?locale=pt_BR. Acesso em: 20 out. 2024. Espera-se que os estudantes reconheçam que a energia não pode ser criada "do nada".

A partir da temática dos super-heróis, discuta que ideias por trás de expressões como "energia do pensamento", "energia vital" e "energia dos cristais" não encontram embasamento científico. Procure conduzi-los a refletir sobre as consequências da apropriação do conceito de energia pelas pseudociências, como a desinformação, os riscos à saúde e a descredibilização da Ciência.

Essa etapa pode fomentar a discussão de aspectos econômicos, sociais, políticos e ambientais que envolvem a conservação de energia. Mencione que algumas formas de energia são mais adequadas ao uso em larga escala, o que, por um lado, propicia conforto e progresso, mas, por outro, causa significativos impactos ambientais.

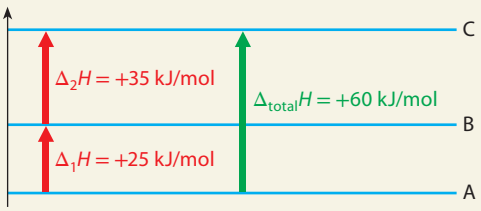
Atividade prática – Transferência de calor em dois fenômenos

Oriente os estudantes para a análise das anotações feitas em ambos os experimentos e sugira que os interpretem usando o que estudaram no item 1. Se necessário, conduza a discussão para que percebam que um dos termômetros serve de controle.

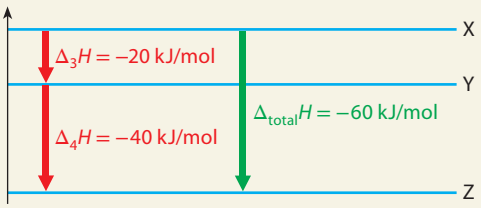
O outro termômetro serve para detectar uma mudança de temperatura que serve de evidência para o tipo de processo (endotérmico ou exotérmico) que ocorre ao redor de seu bulbo. No primeiro experimento, a vaporização da água é uma **mudança de fase endotérmica**, e o calor absorvido dos arredores pela água causa a diminuição de temperatura observada. (Auxilie os estudantes a compreender que o ventilador apenas favorece a vaporização mais rápida da água.) No segundo experimento, a corrosão do ferro por íons $H_3O^+(aq)$ provenientes da ionização do ácido acético do vinagre é uma **reação química exotérmica**, e o calor liberado acarreta o aumento de temperatura observado.

Aplicando conhecimentos

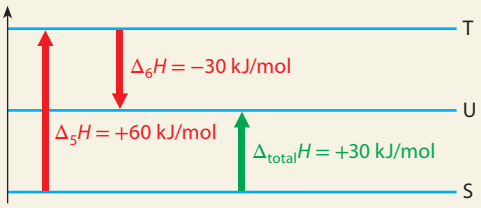
13.



14.



15.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

16. a) e **b)**

$$C(graf.) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta_1H^\ominus = -393{,}5 \text{ kJ/mol}$$
$$CO_2(g) \rightarrow CO(g) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \qquad \Delta_2H^\ominus = +283{,}0 \text{ kJ/mol}$$
$$(+)$$
$$C(graf.) + \tfrac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g) \qquad \Delta_rH^\ominus = \Delta_1H^\ominus + \Delta_2H^\ominus$$
$$\Delta_rH^\ominus = -110{,}5 \text{ kJ/mol}$$

17. Na equação-problema, o HF é produto com coeficiente 4. Então, multiplicamos a primeira equação por 2. Na equação-problema, o CF_4 consta como produto e com coeficiente 2. Por isso, vamos multiplicar a segunda equação por 2. E, também na equação-problema, o C_2H_4 comparece como reagente e com coeficiente 1. Assim, invertemos a terceira equação. Efetuando a soma:

$$2H_2(g) + 2F_2(g) \rightarrow 4HF(g) \qquad \Delta_1H^\ominus = -1.092 \text{ kJ/mol}$$
$$2C(graf.) + 4F_2(g) \rightarrow 2CF_4(g) \qquad \Delta_2H^\ominus = -1.360 \text{ kJ/mol}$$
$$C_2H_4(g) \rightarrow 2C(graf.) + 2H_2(g) \qquad \Delta_3H^\ominus = -52 \text{ kJ/mol}$$
$$(+)$$
$$C_2H_4(g) + 6F_2(g) \rightarrow 2CF_4(g) + 4HF(g) \qquad \Delta_rH^\ominus = ?$$
$$\Delta_rH^\ominus = \Delta_1H^\ominus + \Delta_2H^\ominus + \Delta_3H^\ominus \Rightarrow \Delta_rH^\ominus = -2.504 \text{ kJ/mol}$$

Em destaque – Uma reação química na ficção

1. A cena descrita não considera a necessidade de medir as quantidades de reagentes nem de usar equipamentos adequados para evitar riscos e garantir a segurança. Essa simplificação pode sugerir que processos químicos são simples de executar e podem ser feitos com equipamentos improvisados, enquanto, na realidade, requerem precisão e equipamentos adequados que assegurem segurança e resultados corretos.

2. A simplificação do filme reforça estereótipos ao mostrar o cientista como um herói solitário que resolve (às vezes, de súbito) problemas complexos usando seus conhecimentos em várias áreas, como Biologia, Física e Química.

3. Ao reforçar o estereótipo de que a Ciência avançaria mediante inspirações geniais de indivíduos singulares, o filme ajuda a criar uma imagem irreal do papel dos cientistas e de seu modo de trabalho. Ao discutir como a ficção pode distorcer a percepção de processos químicos e a imagem dos cientistas, os estudantes usarão informações para formular e defender ideias, promovendo uma visão crítica sobre como a Ciência é apresentada na mídia.

Dialogando com o texto – item 4

No segundo *Dialogando com o texto* do item 4, o algoritmo está correto e é uma possível resolução do problema proposto. Considerando as letras em magenta (exclusivas do professor) que estão junto do fluxograma, na atividade, em **A** e **B**, o usuário entra com os preços por litro de etanol e de gasolina que, respectivamente, são armazenados na memória como PE e PG. Em **C**, é feito o cálculo de quanto custam 143 L de etanol e 100 L de gasolina, valores armazenados na memória, respectivamente, como CE e CG. O restante do algoritmo são comparações para verificar qual dos custos é menor, CE ou CG, ou se, eventualmente, são iguais.

Se CG < CE (gasolina custa menos), a resposta em **D** é SIM e o aviso será: "Nesse posto, use gasolina!". Caso contrário, a resposta é NÃO, e o fluxo segue para **E**. Se CG > CE (etanol custa menos), a resposta em **E** é SIM e o aviso será: "Nesse posto, use etanol!". Caso contrário, a resposta é NÃO, e o fluxo segue para **F**, onde só chega se CG for igual a CE. Nesse caso, o aviso será: "Nesse posto, use gasolina ou etanol!". Após emitir um único aviso dentre os três possíveis, a execução termina em **G**.

O algoritmo independe do conhecimento prévio da faixa de preços dos combustíveis. Para alterar a equivalência etanol/gasolina, basta alterar as expressões matemáticas que estão em **C**.

Aplicando conhecimentos

18. Alternativa C, pois é a equação da reação em que o metano reage com gás oxigênio, produzindo gás carbônico e água.

19. A engenheira pode calcular o $\Delta_rH^\ominus$ usando a Lei de Hess, somando as equações fornecidas, invertendo a segunda e multiplicando a terceira por 2:

$$C_2H_2(g) + \tfrac{5}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + H_2O(l) \qquad \Delta_1H^\ominus = -1.301 \text{ kJ/mol}$$
$$2CO_2(g) + 3H_2O(l) \rightarrow C_2H_6(g) + \tfrac{7}{2}O_2(g) \qquad \Delta_2H^\ominus = +1.561 \text{ kJ/mol}$$
$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta_3H^\ominus = -572 \text{ kJ/mol}$$
$$(+)$$
$$C_2H_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g) \qquad \Delta_rH^\ominus = ?$$
$$\Delta_rH^\ominus = \Delta_1H^\ominus + \Delta_2H^\ominus + \Delta_3H^\ominus \Rightarrow \Delta_rH^\ominus = -312 \text{ kJ/mol}$$

20. a)
$$S(rômb.) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) \qquad \Delta_1H^\ominus = -296{,}8 \text{ kJ/mol}$$
$$SO_2(g) \rightarrow S(mono.) + O_2(g) \qquad \Delta_2H^\ominus = +297{,}1 \text{ kJ/mol}$$
$$(+)$$
$$S(rômb.) \rightarrow S(mono.) \qquad \Delta_rH^\ominus = +0{,}3 \text{ kJ/mol}$$

b)

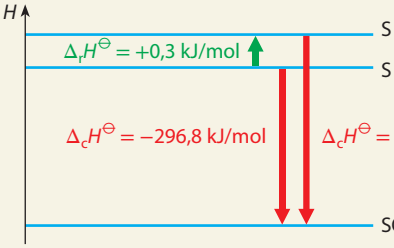


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

21. $C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2}O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(l)$ $\Delta_1H^\ominus = -5.470{,}5$ kJ/mol

$8CO_2(g) + 9H_2O(l) \rightarrow C_8H_{18}(g) + \frac{25}{2}O_2(g)$ $\Delta_2H^\ominus = +5.512{,}0$ kJ/mol

(+)

$C_8H_{18}(l) \rightarrow C_8H_{18}(g)$ $\Delta_rH^\ominus = \Delta_1H^\ominus + \Delta_2H^\ominus = +41{,}5$ kJ/mol

22. a) $1\ km = 10^3\ m \Rightarrow (1\ km)^2 = (10^3\ m)^2 \Rightarrow 1\ km^2 = 10^6\ m^2$

$V(H_2O(l)) = 320 \cdot 10^6\ m^2 \cdot 10^{-3}\ m = 320.000\ m^3 = 3{,}20 \cdot 10^8\ L$

Como $d(H_2O(l)) = 10^3$ g/L, então $m(H_2O(l)) = 3{,}20 \cdot 10^{11}$ g.

A proporção entre massa de água condensada e energia liberada é 18 g : 44 kJ, assim como $3{,}20 \cdot 10^{11}$ g : x. Isso permite calcular a energia liberada de $x = 7{,}8 \cdot 10^{11}$ kJ.

b) Da Tabela 1: $\Delta_cH^\ominus$(etanol) = −1.367 kJ/mol.

A proporção entre massa de etanol e energia liberada é 46 g : 1.367 kJ, assim como $y : 7{,}8 \cdot 10^{11}$ kJ. Com isso, chegamos a $y = 2{,}6 \cdot 10^{10}$ g. São 26 mil toneladas de etanol.

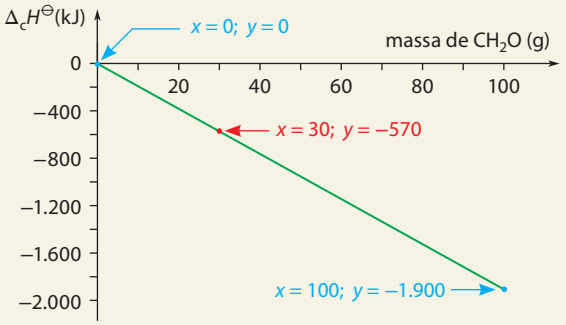
23. a) O valor liberado por mol está no primeiro gráfico. O octano libera maior quantidade de energia por mol.

b) Dividindo o $\Delta_cH^\ominus$ (kJ/mol) pela massa molar (g/mol) de cada combustível, obtemos, respectivamente, em kJ/g: 143; 55,7; 48,0; 22,7; 29,7. Então, na combustão de 1 g, o gás hidrogênio libera maior quantidade de energia.

c) Multiplicando os valores obtidos anteriormente (kJ/g) pela densidade (g/mL) de cada combustível obtemos, respectivamente, em kJ/mL: 0,011; 0,039; 33,6; 18,2; 23,8. Portanto, na combustão, o octano libera mais energia por mililitro.

24. a) O algoritmo envolve um *loop* que será percorrido 101 vezes, com x assumindo valores 0, 1, 2, 3, ..., 100. O resultado da marcação dos pontos e de sua união aos respectivos pontos anteriores será uma linha reta no gráfico:

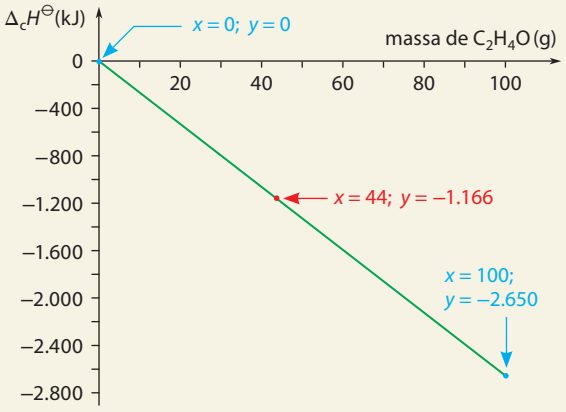
ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



b) A massa molar do CH_2O é 30,0 g/mol. Substituindo $x = 30$ na expressão $y = (-19) \cdot x$, resulta $y = -570$. Então, $\Delta_cH^\ominus(CH_2O(l)) = -570$ kJ/mol. Isso corresponde ao ponto destacado em vermelho, no gráfico do item **a**.

c) A massa molar do C_2H_4O é 44 g/mol. A proporção entre massa e $\Delta_cH^\ominus$ é 44 g : −1.166 kJ, assim como 1 g : z, o que fornece $z = -26{,}5$ kJ. Portanto, deve-se substituir, no algoritmo, a expressão "$y = (-19) \cdot x$" por "$y = (-26{,}5) \cdot x$".

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



Educação midiática – Negacionismo

As atividades propostas na seção têm respostas pessoais e favorecem os aspectos *letramento da informação*, *análise crítica da mídia*, *cidadania digital* e *participação cívica* (ver *Educação midiática* do Capítulo 1). Sugere-se parceria com o docente de Geografia para orientar a discussão e mediar o debate com a turma.

Solicite aos estudantes que, individualmente, leiam a primeira parte do texto e criem uma síntese para definir o que é negacionismo e descrever os casos citados. Aproveite para retomar com os estudantes os conhecimentos deles sobre charges, destacando que se trata de um gênero que integra o campo jornalístico, utilizando-se da sátira e da ironia para fazer uma crítica ou chamar atenção sobre um acontecimento do cotidiano. Abra espaço para a discussão das atividades 1 e 2. Para a segunda parte do texto, sugere-se que o docente faça uma leitura coletiva com os grupos, realizando, se necessário, algumas mediações, antes das atividades 3, 4, 5 e 6. Garanta que a turma saiba diferenciar efeito estufa de aquecimento global.

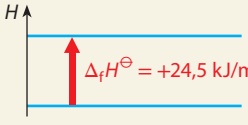
Vale apresentar dados atualizados sobre a emissão de gases de efeito estufa (GEE), que podem ser obtidos em portais como o do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa – Brasil (Disponível em: https://seeg.eco.br/. Acesso em: 20 out. 2024.) ou o da Comissão Europeia – Ação Climática (Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/index_en?prefLang=pt. Na página, pode-se optar pela tradução para a língua portuguesa. Acesso em: 20 out. 2024.)

Também é sugerido que os estudantes, como subsídio para as discussões, conheçam o resumo do sexto relatório sobre mudanças climáticas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), cujo endereço de acesso é apresentado ao professor, em magenta, na sua versão do Livro do Estudante.

Aplicando conhecimentos

25. $F_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow OF_2(g)$ $\Delta_fH^\ominus = +24{,}5$ kJ/mol

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA



26. a) $\Delta_rH^\ominus = \Delta_fH^\ominus(PCl_5(g)) - [\Delta_fH^\ominus(PCl_3(l)) + \Delta_fH^\ominus(Cl_2(g))]$

$\Delta_rH^\ominus = (-443{,}5\ kJ/mol) - [(-319{,}7\ kJ/mol) + 0]$

$\Delta_rH^\ominus = -123{,}8$ kJ/mol

b) $\Delta_{subl}H^\ominus = \Delta_fH^\ominus(PCl_5(g)) - \Delta_fH^\ominus(PCl_5(s))$

$\Delta_{subl}H^\ominus = -374{,}9\ kJ/mol - (-443{,}5\ kJ/mol)$

$\Delta_{subl}H^\ominus = +68{,}6$ kJ/mol

27. $\Delta_rH^\ominus = [\Delta_fH^\ominus(Glc\text{-}6\text{-}P(aq)) + \Delta_fH^\ominus(ADP(aq))] - [\Delta_fH^\ominus(Glc(aq)) + \Delta_fH^\ominus(ATP(aq))]$

$\Delta_rH^\ominus = [-2.279\ kJ/mol + (-2.000\ kJ/mol)] - [-1.267\ kJ/mol + (-2.982\ kJ/mol)]$

$\Delta_rH^\ominus = -30$ kJ/mol

28. Como o $\Delta_fH^\ominus$ é nulo para o ferro e o alumínio metálicos:

$\Delta_rH^\ominus = \Delta_fH^\ominus(Al_2O_3(s)) - \Delta_fH^\ominus(Fe_2O_3(s))$

Consultando a Tabela 2 do capítulo e substituindo os dados:

$\Delta_rH^\ominus = -1.675{,}7\ kJ/mol - (-824{,}2\ kJ/mol) = -851{,}5$ kJ/mol.

Como são produzidos 2 mol de Fe(s), a energia liberada por mol de Fe(s) é a metade do valor obtido. O calor, em módulo, é 425,75 kJ/mol, bem superior a 52 kJ/mol. Portanto, a fusão do ferro e a soldagem dos trilhos são possíveis.

29. Invertendo a segunda equação e somando-a com a primeira:

$3\,Mn(s) + 3\,O_2(g) \rightarrow 3\,MnO_2(s)$ $\Delta_rH^\ominus = -1.559$ kJ/mol

Esse valor é por mol de reação, tal como equacionada, ou seja, refere-se à formação de 3 mol de $MnO_2(s)$. Dividindo-o por 3, obtemos: $\Delta_fH^\ominus(MnO_2(s)) = -520$ kJ/mol.

30. Somando a primeira equação com a segunda, multiplicada por 2, e com a terceira, invertida, obtemos:
$C\,(graf.) + 2\,S\,(rômb.) \rightarrow CS_2\,(l) \qquad \Delta_f H^{\ominus}(CS_2\,(l)) = +84\ kJ/mol$
Portanto, a reação de formação do composto é endotérmica.

Em destaque – Conteúdo calórico, nutrição adequada e saúde

O texto traz informações que orientam a utilizar principalmente alimentos *in natura* e a evitar alimentos ultraprocessados. Também são mostradas informações sobre o uso de substâncias esteroides, medicamentos que devem ser usados **somente sob prescrição médica** e rigoroso controle.

Durante a execução da atividade, auxilie os estudantes a identificar fontes confiáveis de informação na internet, discutindo a responsabilidade que eles terão ao divulgar essas informações pesquisadas para outras pessoas. Ajude-os também na seleção de argumentos e propostas de roteirização para os vídeos de divulgação, a fim de que percebam a necessidade de ter bom conhecimento de um assunto antes de divulgá-lo.

Atividades finais

1. Alternativa C. Pelo fato de o barro ser poroso, ele permite que um pouco de água passe através dele. Parte dessa água, ao evaporar, absorve calor da moringa e do restante da água (processo endotérmico), acarretando o resfriamento.

2. Alternativa B. Para evaporar, a água absorve calor do corpo humano, causando a sensação de frio. (Pode ser feita uma analogia com vasilhames de barro, na situação descrita na atividade anterior.)

3. Alternativa A. As unidades do Sistema Internacional mencionadas são: joule (J) – para expressar energia; kelvin (K) – para expressar temperatura; pascal (Pa) – para expressar pressão; newton (N) – para expressar força.

4. $C_2H_6O\,(l) \rightarrow C_2H_6O\,(g) \qquad \Delta H = +43{,}5\ kJ/mol$

5. Alternativa B. $\Delta H = H_f - H_i = 1.000\ kJ - 870\ kJ = +130\ kJ$

6. Alternativa D.
$\Delta_r H^{\ominus} = [2 \cdot \Delta_f H^{\ominus}(SeO\,(g)) - [2 \cdot \Delta_f H^{\ominus}(Se\,(s, \alpha)) + \Delta_f H^{\ominus}(O_2\,(g))]$
$\Delta_r H^{\ominus} = [2 \cdot (53{,}4)] - [2 \cdot (6{,}7) + 0] = +93{,}4\ kJ \cdot mol^{-1}$

7. Alternativa D.
$\Delta_{cond} H = -285{,}8\ kJ/mol - (-241{,}8)\ kJ/mol = -44{,}0\ kJ/mol$

8. Alternativa A.

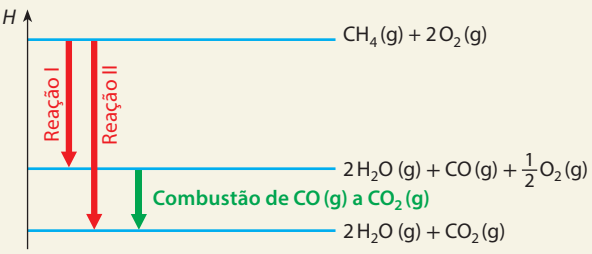


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

9. Alternativa A.

$C_2H_5OH\,(l) + 3\,O_2\,(g) \rightarrow 2\,CO_2\,(g) + 3\,H_2O\,(l)$	$\Delta_1 H$
$2\,CO_2\,(g) + 3\,H_2O\,(g) \rightarrow C_2H_5OH\,(g) + 3\,O_2\,(g)$	$(-1) \cdot \Delta_2 H$
$3\,H_2O\,(l) \rightarrow 3\,H_2O\,(g)$	$3 \cdot \Delta_{vap} H(H_2O)$
$C_2H_5OH\,(l) \rightarrow C_2H_5OH\,(g)$	(+)

10. Alternativa C. A proporção entre massa de castanha e energia liberada é 10 g : 70 kcal, assim como 2,5 g : *x*. O cálculo resulta $x = 17{,}5$ kcal. Então, a água absorveu 8,75 kcal (50%). Usando relação calorimétrica $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, da Física, temos:
$8.750\ cal = 350\ g \cdot 1\ cal \cdot g^{-1} \cdot °C^{-1} \cdot (\theta_f - 20\ °C)$
$\theta_f = 45\ °C$

11. Alternativa B. Se, para percorrer 20 km consome-se 1 L de etanol, para percorrer 400 km serão consumidos 20 L.
$m = d \cdot V = 0{,}8\ g/cm^3 \cdot 20.000\ cm^3 = 16.000\ g$
A proporção entre massa de etanol e energia liberada é 46 g : 1,3 MJ, assim como 16.000 g : *x*. Obtém-se $x = 452$ MJ.

12. Alternativa A. O trecho "as células musculares podem sofrer um déficit de O_2 e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido lático" é essencial para o entendimento da pergunta. O que se solicita é o cálculo do $\Delta_r H$ da reação química assim equacionada: $C_6H_{12}O_6\,(s) \rightarrow 2\,CH_3CH(OH)COOH\,(s)$.
Somando a primeira equação com a segunda, invertida e multiplicada por 2, obtemos a equação desejada:
$\Delta_r H = -2.800\ kJ + 2 \cdot (+1.344\ kJ) = -112\ kJ$

Referências suplementares

ANVISA. **Rotulagem Nutricional Obrigatória**: manual de orientação às indústrias de alimentos. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Gerência Geral de Alimentos/Universidade de Brasília, 2005.

Documento que apresenta as recomendações legais para a rotulagem de um produto alimentício determinando as informações que os fabricantes devem fornecer ao consumidor.

BRAATHEN, P. C. *et al*. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 29, p. 42-45, 2008.

Propõe a construção de um calorímetro com materiais de fácil acesso e seu uso para realizar a determinação experimental do calor de decomposição de H_2O_2 (da água oxigenada a 10 volumes).

BRUCK, M. S.; OLIVEIRA, M. C.; DOS-SANTOS, M. V. (org.). **Dossiê contra o negacionismo da ciência**: a importância do conhecimento científico. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2022.

Defende as contribuições da Ciência e evidencia seu enfrentamento ao movimento negacionista.

BUCKERIDGE, M. O negacionismo raivoso e a aceitação da ciência das mudanças climáticas. **Jornal da USP**, São Paulo, 13 maio 2024. Disponível em: https://jornal.usp.br/articulistas/marcos-buckeridge/o-negacionismo-raivoso-e-a-aceitacao-da-ciencia-das-mudancas-climaticas/. Acesso em: 17 set. 2024.

A reportagem aborda o confronto entre o negacionismo climático e a Ciência, destacando a importância da compreensão das evidências científicas para enfrentar as mudanças climáticas.

LIMA, H. Discursos negacionistas disseminados em rede. **Revista da Abralin**, [*s. l.*], v. 19, n. 3, p. 389-408, 2020. Disponível em: https://revista.abralin.org/index.php/abralin/article/view/1758. Acesso em: 17 set. 2024.

Conceitua o negacionismo e o contextualiza para o caso das vacinas, colocando a internet como meio de crescente disseminação.

SZWAKO, J.; RATTON, J. L. **Dicionário dos negacionismos no Brasil**. Recife: Cepe, 2022.

Explora os termos vinculados aos movimentos negacionistas no contexto brasileiro.

TCBA. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Disponível em: https://www.tbca.net.br/. Acesso em: 31 out. 2024.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) traz as informações sobre a composição química de alimentos brasileiros, apresentando menus para busca e consulta.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **5** a **8** e **11**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade prática*, nos debates da *Educação midiática* e na produção dos vídeos solicitados na seção *Em destaque*.

Capítulo 14 Cinética química

Objetivos do capítulo

- Compreender o que são a rapidez média de consumo de um reagente e a rapidez média de formação de um produto.
- Prever qualitativamente a influência de fatores como concentração de reagentes, temperatura, superfície de contato e atuação de catalisador sobre a rapidez de reações químicas.
- Interpretar os processos de deterioração e de conservação de alimentos do ponto de vista da cinética química.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo aborda conceitos de cinética das reações químicas, incluindo as transformações em um nível atômico-molecular. Baseando-se na colisão efetiva entre partículas, serão estudados alguns fatores (como concentração de reagentes, temperatura do sistema e superfície de contato do reagente) que podem alterar a velocidade de uma reação química. Além disso, será apresentada a ação de catalisadores e, por fim, os conceitos do capítulo serão empregados para explicar a destruição da camada de ozônio e alguns dos princípios envolvidos na conservação de alimentos.

A imagem de abertura e sua legenda incitam questionamentos sobre a relação entre velocidade de reações químicas e conservação dos alimentos. Aproveite para sondar concepções prévias, cientificamente corretas ou não, que possam auxiliá-lo na condução da abordagem dos assuntos do capítulo.

Também como sugestão para coletar concepções prévias, sugerimos a realização da *Atividade complementar* (adiante).

Por dentro da BNCC

O capítulo propicia situações de aprendizado que favorecem o desenvolvimento da **competência geral 10**, das **competências específicas 1** e **2** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT103**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, **EM13CNT207**, **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT305**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307**, **EM13CNT310**, **EM13CHS502**, **EM13CHS503**.

O capítulo também envolve temas ligados aos **TCT: Saúde** (macroárea de mesmo nome) e **Processo de envelhecimento, respeito e valorização do Idoso** (macroárea **Cidadania e Civismo**). Quanto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, abrange temáticas ligadas aos **ODS 10** e **12**.

Resoluções e comentários

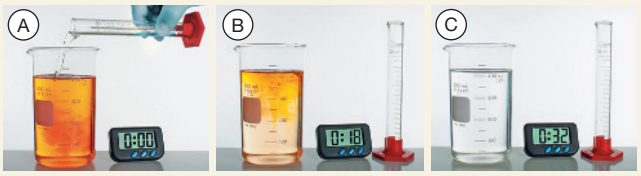
Atividade complementar

Para averiguar conceitos prévios, realize a reação entre um corante em solução e o ânion hipoclorito (OCl^-), que causa a descoloração da solução em razão de sua ação oxidante.

O professor deve realizar o experimento de **modo demonstrativo**, usando avental, óculos de segurança e luvas. O alvejante doméstico, que contém hipoclorito de sódio (NaOCl), é tóxico, tem efeito irritante e corrosivo sobre pele, mucosas e olhos, produz manchas permanentes em roupas coloridas e desprende gás cloro (Cl_2), que é corrosivo e lesivo à pele, às mucosas, aos olhos e ao sistema respiratório. Trabalhe em **local bem ventilado**.

Em um béquer com capacidade de 500 mL – ou, na ausência desse, em uma jarra de vidro, incolor e transparente, com capacidade mínima de 500 mL – dissolva 40 gotas de corante alimentício laranja (adquirido em lojas de material para festa; contém o corante artificial designado por amarelo VI ou amarelo crepúsculo) em 400 mL de água, preferencialmente destilada, à temperatura ambiente. Em uma proveta – ou em um copo do tipo americano –, coloque 20 mL de alvejante doméstico.

Ao adicionar o alvejante à solução de corante, peça a um auxiliar que ligue o cronômetro para que se possa marcar o tempo transcorrido até o total desaparecimento da cor. Logo após a adição, a cor laranja se intensifica (Fig. 1.A) devido à desprotonação do corante pelo meio alcalino do alvejante. É comum que a coloração não desapareça uniformemente (Fig. 1.B). Para minimizar isso, agite a solução com um bastão de vidro (ou uma colher de metal) logo após adicionar o alvejante. A descoloração observada ao realizar o experimento, deve-se à ação oxidante do íon hipoclorito (OCl^-) sobre as moléculas do corante, resultando em um produto incolor (Fig. 1.C). O intervalo de tempo medido depende de fatores como temperatura ambiente e concentração de corante.



DOTTA2/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. (A) Alvejante doméstico adicionado a uma solução aquosa de um corante laranja apropriado. A cor da solução diminui (B) ao longo do tempo, até que a solução se torne incolor (C).

Para investigar o efeito da concentração sobre o tempo de reação, realize em duplicata: Em uma das provetas, use 20 mL de alvejante e, na outra, 15 mL de alvejante acrescidos de 5 mL de água. Questione os estudantes sobre como explicam o resultado. (O tempo será maior no caso em que o alvejante está diluído, devido à menor frequência de colisões eficazes.)

Para investigar o efeito da temperatura, repita o procedimento inicial em duplicata, mas aqueça uma das duas soluções de corante em banho-maria (ou use água morna para o preparo da solução). Importante: **não aqueça o alvejante**, pois isso intensificará a liberação de cloro, que irrita os olhos e as vias aéreas. Questione novamente os estudantes sobre uma explicação do que se observa. (O tempo medido será menor no caso da solução aquecida, em decorrência do aumento da rapidez de reação causada pelo aumento da energia cinética das partículas.)

Ao final dos experimentos, as soluções devem ser neutralizadas com uma solução ácida (sugere-se vinagre ou solução HCl 0,1 mol/L) pelo professor ou pelo técnico de laboratório, até obter *pH* entre 5,0 e 9,0. Podem, então, ser descartadas na pia.

Com base nas propostas dos estudantes, estimule-os a prever o que observariam caso a concentração de alvejante fosse aumentada ou, ao invés de aquecerem a solução de hipoclorito, a reação fosse realizada com a solução resfriada em banho de gelo. Uma vez finalizado o capítulo, retome as proposições dos estudantes para que eles as avaliem com base nos conceitos formalizados e reformulem, se necessário, as suas interpretações.

Aplicando conhecimentos

1. No intervalo de tempo de 1,0 h a 2,0 h:

$$v_m(NH_3) = \frac{|2,0 - 4,0|\ mol/L}{(2,0 - 1,0)\ h} = 2,0\ mol \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$$

$$v_m(N_2) = \frac{|3,0 - 2,0|\ mol/L}{(2,0 - 1,0)\ h} = 1,0\ mol \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$$

$$v_m(H_2) = \frac{|9,0 - 6,0|\ mol/L}{(2,0 - 1,0)\ h} = 3,0\ mol \cdot L^{-1} \cdot h^{-1}$$

Os resultados respeitam a proporção dos coeficientes estequiométricos de NH_3, N_2 e H_2 (2 : 1 : 3). Se os cálculos fossem realizados para o intervalo de tempo de 2,0 h a 3,0 h, os resultados também obedeceriam a essa proporção.

2. As curvas A, B e C correspondem, respectivamente, a NO_2, O_2 e N_2O_5. A curva do reagente é a que representa diminuição da concentração ao longo do tempo. Das curvas dos produtos, atribuímos ao NO_2 a que mostra crescimento mais acentuado, devido ao maior coeficiente estequiométrico do NO_2.

3. **a)** Dividindo 54 L por 0,05 s (um vigésimo de segundo), chega-se a $v_m(N_2) = 1.080$ L/s.

b) 1 mol de N_2 está para 20 L, assim como x está para 54 L. Com isso, obtém-se 2,7 mol.

c) Dividindo 2,7 mol por 0,05 s, resulta $v_m(N_2) = 54$ mol/s.

d) A proporção $NaN_3 : N_2$ é 2 mol : 3 mol, assim como y : 2,7 mol. Isso conduz a $y = 1,8$ mol.

e) Dividindo 1,8 mol por 0,05 s, tem-se: $v_m(NaN_3) = 36$ mol/s.

f) $m(NaN_3) = n(NaN_3) \cdot M(NaN_3) = 1,8 \text{ mol} \cdot 65 \text{ g/mol} = 117$ g

4. A proporção $N_2O_5 : NO_2 : O_2$ é 2 mol : 4 mol : 1 mol. Então, a proporção entre as velocidades será 2 mol/s : 4 mol/s : 1 mol/s, assim como 0,10 mol/s : $v(NO_2)$: $v(O_2)$. Resolvendo, obtemos: **a)** $v(NO_2) = 0,20$ mol/s **b)** $v(O_2) = 0,050$ mol/s

5. Pela equação da reação, $2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g)$, deduzimos que a proporção $H_2 : O_2$ é 2 mol/min : 1 mol/min, assim como $v(H_2)$: 4 mol/min. Isso conduz a $v(H_2) = 8$ mol/min.

6. Alternativa B, pois $|0,30 \text{ mol} - 0,54 \text{ mol}|$ dividido por 20 s resulta $v_A = 0,012 \text{ mol} \cdot s^{-1}$. As alternativas A, C, D e E são incorretas, pois os cálculos nelas mencionados resultam (em $\text{mol} \cdot s^{-1}$), respectivamente, em: 0,023; 0,0175; 0,023 e 0,0175.

7. Alternativa C. Dividindo 120 g por 2 g/mol: $n(H_2) = 60$ mol. Então, a rapidez de consumo desse gás é 60 mol/min.
A proporção $H_2 : NH_3$ é 3 mol/min : 2 mol/min, assim como 60 mol/min : $v(NH_3)$, o que fornece $v(NH_3) = 40$ mol/min.

8. Para o intervalo de 0 h a 2 h, o gráfico indica que $|\Delta V_{II}| > |\Delta V_I|$. Como Δt é igual para as duas reações, concluímos que $v_{II} > v_I$.

9. Alternativa A. Quanto maior for a concentração do reagente em solução (HCl), maior será a rapidez da corrosão do zinco, porque maior será a probabilidade de acontecerem colisões eficazes entre as espécies reagentes.

10. O incêndio na mata é um conjunto de reações de combustão de matéria orgânica. O vento substitui o ar no local do incêndio por ar com maior concentração do reagente gás oxigênio. Isso ocasiona o aumento da rapidez das combustões, propagando mais rapidamente o incêndio.

11. Ao abanar, promove-se um aumento da concentração de gás oxigênio no local da combustão, aumentando a rapidez dessa reação, liberando energia mais rapidamente e intensificando a incandescência.

12. Alternativa A, pois representa a posição relativa que propicia, no complexo ativado, a formação das ligações A—C e B—D.

13. Alternativa D. Já que o atrito faz com que a reação se inicie, concluímos que a energia fornecida por esse atrito é igual ou superior à energia de ativação. A combustão se sustenta em andamento, após iniciada, porque é exotérmica; a energia liberada permite que moléculas que ainda não reagiram adquiram energia igual ou superior à energia de ativação.

14. **a)** No caso da água morna.

b) O aumento da temperatura corresponde a um aumento da energia cinética das moléculas (ou dos íons, se for o caso) dos reagentes. Assim aumenta a frequência de colisões com energia igual ou superior à energia de ativação.

15. Na panela de pressão, a água fervente atinge uma temperatura mais alta do que na panela aberta, e essa maior temperatura torna mais rápidas as reações envolvidas no cozimento.

16. Alternativa C. Em uma temperatura mais baixa, a rapidez da reação química será menor. Como a luminosidade se deve à energia liberada na reação, a luz emitida será menos intensa. E, como levará mais tempo para que os reagentes sejam totalmente consumidos, a emissão de luz terá maior duração.

17. **a)** A representação corresponde a uma colisão eficaz, pois a composição química se altera no processo. A reação pode ser assim equacionada: $N_2O(g) + NO(g) \rightarrow N_2(g) + NO_2(g)$.

b) Complexo ativado ou estado de transição. No brevíssimo intervalo de tempo de existência dessa entidade transiente ocorrem a ruptura e a formação de ligações covalentes.

c)

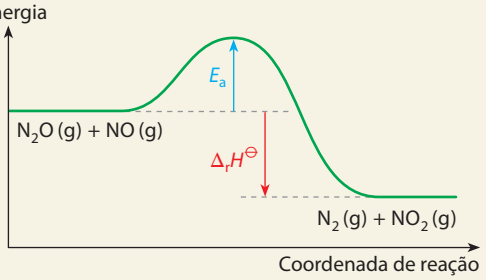


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

18. Alternativa C. A produção de ferrugem ocorre na superfície da peça de ferro, na qual há reação desse reagente com os outros dois, gás oxigênio e água líquida. Se o contato entre os reagentes for impedido, a reação não acontecerá. Esse é o caso da impermeabilização da superfície.

19. A amostra de açúcar refinado se dissolverá mais rapidamente. Tanto o açúcar refinado quanto o açúcar cristal são constituídos de sacarose. O fator de distinção é que o açúcar refinado está mais finamente pulverizado e, portanto, na dissolução, apresenta maior superfície de contato com a água.

20. A camada de sabão diminui o contato direto do ferro com o reagente gás oxigênio, reduzindo a rapidez da reação química que produz ferrugem.

21. O volume final de gás é o mesmo nos dois processos, mas a rapidez é maior no caso do sólido com maior área superficial.

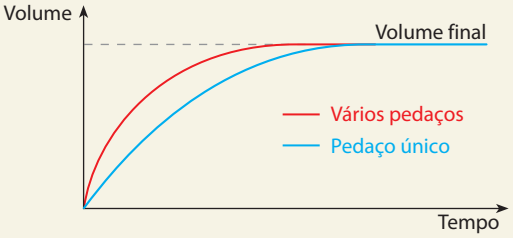


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ ARQUIVO DA EDITORA

Em destaque – Envelhecimento ativo com dignidade

Na atividade, é esperado que os estudantes pesquisem e encontrem informações sobre o **Estatuto da Pessoa Idosa**, que estabelece os direitos legalmente assegurados para os indivíduos com 60 anos ou mais. Espera-se que eles compreendam o processo de envelhecimento como inexorável e proponham medidas que possam melhorar a qualidade de vida das pessoas idosas, argumentando ética e legalmente em favor delas.

Depois da publicação dos vídeos, e após todos os estudantes assistirem às produções das outras equipes, você pode promover uma roda de discussão em classe como oportunidade para que os estudantes se posicionem criticamente a respeito dos problemas que constataram (sobretudo na comunidade) e troquem ideias a respeito. Se considerar oportuno, converse com a coordenação e a direção para viabilizar uma campanha de conscientização na escola sobre os direitos dos idosos, realizada pelos estudantes que participaram desta atividade, com afixação de cartazes e outros materiais informativos, disseminando, assim, os resultados da atividade por todo o ambiente escolar.

Aplicando conhecimentos

22. a) A equação química é: $2\,H_2O_2\,(aq) \rightarrow 2\,H_2O\,(l) + O_2\,(g)$.
A aparente fervura é a liberação de bolhas de gás oxigênio.

b) A catalase atua como catalisador na reação de decomposição do H_2O_2.

c) Incidência de luz ou aquecimento fornecem energia ao sistema e aumentam a rapidez da decomposição do H_2O_2.

23. a) O catalisador aumenta a rapidez da reação. Sua presença propicia um mecanismo alternativo com menor energia de ativação, que, portanto, é mais veloz.

b) É uma catálise heterogênea, pois o catalisador está em uma fase (sólida) e os reagentes estão em outra (gasosa).

24. a) Para uma mesma massa de sólido, a área superficial na forma de grânulos é maior do que na forma de placa. A maior superfície de contato entre o catalisador e os reagentes aumenta a rapidez da reação catalisada.

b) Catalisadores são substâncias que aceleram reações químicas, não substâncias que as iniciam, e não definem se uma reação é possível, apenas interferem na velocidade com ela ocorre. Uma possibilidade de correção da frase é: "Catalisadores são substâncias que aceleram reações químicas que, sem eles, seriam mais lentas".

25.

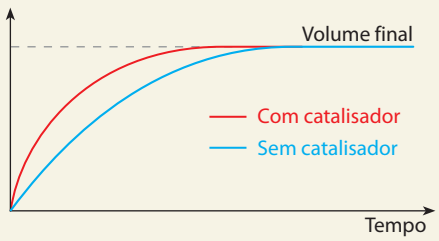


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

26. Alternativa B. A justificativa é dada na próxima atividade.

27. A equação da ruptura da ligação por ação de fóton de ultravioleta ($h\nu$) é: $CF_2Cl_2\,(g) \rightarrow CF_2Cl\,(g) + Cl\,(g)$.
As equações que representam o ciclo apresentado são:
$O_3\,(g) + Cl\,(g) \rightarrow O_2\,(g) + ClO\,(g)$
$ClO\,(g) + O\,(g) \rightarrow O_2\,(g) + Cl\,(g)$
A soma dessas duas etapas conduz a: $O_3\,(g) + O\,(g) \rightarrow 2\,O_2\,(g)$.
Portanto, no processo, ocorre produção de gás oxigênio molecular (O_2), e o átomo de cloro atua como catalisador.

Atividade em grupo – item 7

A atividade permite que os estudantes tomem consciência dos seus direitos como consumidores, atentando a normas de produção e conservação de alimentos. Assim, podem exercitar o seu papel de cidadãos e consumidores conscientes, desenvolvendo ao mesmo tempo a habilidade de construir argumentos baseados em conhecimentos científicos, éticos e legais, e compartilhando esses conhecimentos com a comunidade.

Auxilie os estudantes a identificar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é a responsável por controlar e fiscalizar aditivos alimentares no país. De acordo com a agência:

> **Aditivo alimentar** é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento."

Fonte: ANVISA. **Aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia**. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/alimentos/aditivos-alimentares. Acesso em: 21 out. 2024.

Aplicando conhecimentos

28. Alternativa C. A refrigeração (1) reduz a frequência de colisões eficazes, diminuindo a rapidez de reações que deterioram alimentos. O corte de alimentos (2) promove um aumento da área superficial, aumentando a rapidez de sua cocção. Enzimas dos microrganismos adicionados ao leite (3) catalisam reações químicas necessárias à produção do iogurte.

29. Alternativa C. Após aberta a embalagem, microrganismos presentes no ar podem entrar na embalagem (V). Se ela ficar fora da geladeira, a temperatura do leite será ideal para que se multipliquem (II). A deterioração do leite se deve a reações catalisadas por enzimas de microrganismos, e essas reações são mais rápidas à temperatura ambiente do que na geladeira (III).

30. Somando as equações: sacarose + água → glicose + frutose. Uma molécula de enzima é reagente em uma etapa do mecanismo (a primeira) e é regenerada em outra etapa subsequente (a terceira), estando novamente disponível para atuar na catálise da hidrólise de outra molécula de sacarose.

31. Alternativa C. O enunciado afirma que "cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas". Essa conversão, por ocorrer em um sistema bioquímico, é catalisada por enzimas. A primeira etapa do método proposto, o aquecimento em água fervente, provoca a desnaturação proteica das enzimas, conservando os carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado.

Atividades finais

1. Alternativa C. Como o sistema é aberto (pode trocar matéria com o ambiente), o $CO_2\,(g)$ produzido será liberado, e a massa do sistema diminuirá à medida que a reação se processa.

2. Alternativa C. A leitura do gráfico permite perceber que o aumento sofrido pela espessura hidratada é maior nos 20 mil anos iniciais, menor nos 20 mil anos seguintes, menor ainda nos próximos 20 mil anos, e assim por diante.

3. Alternativa C. O prazo de validade (tempo necessário para a concentração variar de 5 g/L para 4,5 g/L; redução de 10%) é de 1 ano na temperatura II e de 2 anos na temperatura I.

4. Alternativa C. A rapidez da efervescência em I é maior do que em II devido à maior temperatura. Pela mesma razão, a rapidez em III é maior do que em IV. Comparando I e III, conclui-se que a rapidez em III é maior devido à maior superfície de contato.

5. Alternativa B. As equações indicam que a água atua como reagente. A graxa protege a superfície das ferramentas, pois impede ou reduz o contato do metal com a água.

6. Alternativa E. No gráfico, tem-se: curva 1 – reação catalisada (menor energia de ativação); curva 2 – reação não catalisada; E_1 – energia de ativação da reação catalisada; E_2 – energia de ativação da reação não catalisada; E_3: módulo da variação de entalpia da reação, que é exotérmica (libera calor).

7. Alternativa A. A primeira etapa equacionada é da produção de um átomo de cloro (radical livre de cloro) a partir do CFC, e a segunda é da reação desse átomo com ozônio. A substituição do CFC como propelente se deve ao fato de que seus substitutos propano e butano não reagem com o ozônio.

8. Alternativa C. O trecho que diz que a reação é "catalisada por íon cloreto" permite concluir que o íon cloreto propicia um mecanismo alternativo com menor energia de ativação.

9. Alternativa B. Dividindo 171 g por 342 g/mol, obtemos a quantidade de sacarose: 0,500 mol. Essa quantidade, dissolvida em 0,500 L de solução, corresponde a 1,00 mol/L. Como a concentração se reduz à metade a cada 100 minutos, em 400 minutos será dividida por 16, resultando $6{,}25 \cdot 10^{-2}$ mol/L.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1**, **2**, **4** a **6**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na atividade da seção *Em destaque*.

Capítulo 15 Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico

Objetivos do capítulo

- Compreender o que é equilíbrio químico e operacionalizar cálculos que envolvam constante de equilíbrio.
- Identificar o efeito de perturbações que provoquem deslocamento de um equilíbrio químico.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo menciona a síntese da amônia, processo industrial que será tema da seção *Atividade em grupo*. De modo introdutório, comente que a produção da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio foi estudada no início do século XX, quando se estabeleceram as condições de operação para sua síntese industrial e se constatou que, nessa reação, os reagentes e o produto coexistem em equilíbrio químico, situação em que, a temperatura e pressão constantes, as concentrações não se alteram ao longo do tempo.

No desenvolvimento do capítulo, o item 1 explica o conceito de equilíbrio dinâmico, para que, nos itens 2 a 4, possam ser trabalhados aspectos relevantes do equilíbrio químico. Ao abordar os itens 3 e 4, auxilie os estudantes a compreender as Figuras 7 e 9, que explicam que a situação de equilíbrio químico corresponde à situação de máxima estabilidade do sistema.

Os itens 5 a 7 tratam de perturbações que podem alterar a situação de um sistema, tirando-o da situação de equilíbrio químico e provocando uma resposta, o deslocamento de equilíbrio. Cada uma das possibilidades é discutida separadamente, a fim de que, no item 8, seja possível mencionar que o conjunto de conclusões tiradas corresponde ao princípio de Le Chatelier.

Ao abordar o item 8, comente que a adição de um catalisador a um meio reacional **não** é incluída como parte do princípio de Le Chatelier, pois não desloca um equilíbrio. O catalisador atua igualmente na reação direta e na reação inversa, aumentando a rapidez das duas por um mesmo fator multiplicativo, o que não tira o sistema da condição de equilíbrio. A importância dos catalisadores está no fato de aumentarem a rapidez com que um sistema avança para o equilíbrio químico.

Por dentro da BNCC

É propiciado pelas temáticas abordadas e atividades propostas deste capítulo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT205**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT307**, **EM13CNT310**, **EM13MAT101** e **EM13CHS302**.

O capítulo aborda temáticas pertinentes ao **TCT Saúde** (pertencente à macroárea de mesmo nome) e ao **ODS 2**.

Resoluções e comentários

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa D. Recorde aos estudantes que a representação dada no enunciado indica um equilíbrio dinâmico entre iodo em meio aquoso e iodo dissolvido no solvente orgânico hexano. Aproveite para enfatizar que as interpretações das outras alternativas, embora comuns entre os estudantes, são incorretas.

2. Alternativa C. Aproveite para ressaltar que, caso as velocidades dos processos direto e inverso não fossem iguais, o sistema não estaria (ainda) em equilíbrio.

3. Alternativa E. Saliente, na resolução, que o equilíbrio químico implica velocidade iguais, mas não concentrações iguais.

4. O equilíbrio apresentado é dinâmico. Então, a velocidade da fusão (processo direto) e a velocidade de solidificação (processo inverso) são iguais e não nulas. Em outras palavras, se, em certo intervalo de tempo, x moléculas de H_2O passam da fase sólida para a líquida, então, x moléculas de H_2O passam da fase líquida para a sólida.

5. A existência de equilíbrio **não** implica que as quantidades de água presentes nas duas fases sejam iguais.

Dialogando com o texto – item 3

Auxilie os estudantes, se necessário, a deduzir a unidade da constante de equilíbrio para as três reações equacionadas. Respectivamente, os resultados são: mol/L; adimensional (isto é, sem unidade); e $(\text{mol/L})^{-2}$, ou $\text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$.

Ao docente, é conveniente informarmos que, nos estudos universitários, a constante K_C pode ser definida de modo a ser sempre adimensional; nesse caso, é representada por $K_C^{\ominus}$. Para um equilíbrio homogêneo (a temperatura constante) equacionado como $a\,\text{A} + b\,\text{B} \rightleftharpoons c\,\text{C} + d\,\text{D}$, a demonstração termodinâmica (considerando comportamento ideal da solução) conduz a:

$$K_C^{\ominus} = \frac{\left(\frac{[\text{C}]}{\text{mol/L}}\right)^c \cdot \left(\frac{[\text{D}]}{\text{mol/L}}\right)^d}{\left(\frac{[\text{A}]}{\text{mol/L}}\right)^a \cdot \left(\frac{[\text{B}]}{\text{mol/L}}\right)^b}$$

Isso pode ser rearranjado para:

$$K_C^{\ominus} = \frac{[\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b} \cdot \frac{(\text{mol/L})^a \cdot (\text{mol/L})^b}{(\text{mol/L})^c \cdot (\text{mol/L})^d}$$

A primeira fração do segundo membro é a constante K_C:

$$K_C^{\ominus} = K_C \cdot (\text{mol/L})^{(a+b)-(c+d)}$$

Como $K_C^{\ominus}$ não tem unidade, se $(a + b) \neq (c + d)$, então K_C apresentará unidade. Caso contrário, K_C será adimensional.

Aplicando conhecimentos

6. **a)** $K_C = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]}$ **b)** $K_C = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2}$ **c)** $K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$

7. **a)** O equilíbrio é estabelecido no instante de tempo a partir do qual as concentrações de reagente (N_2O_4) e produto (NO_2) passam a ser constantes, o que ocorre em 60 s.

b) $[NO_2] = 0{,}120$ mol/L e $[N_2O_4] = 0{,}040$ mol/L.

c) Substituindo as concentrações em $K_C = [NO_2]^2/[N_2O_4]$, obtemos o valor numérico $K_C = 0{,}36$.

d) A concentração de N_2O_4 diminui 0,060 mol/L, e a de NO_2 aumenta 0,120 mol/L. Essas variações guardam a proporção 1 : 2, igual à proporção estequiométrica expressa pelos coeficientes estequiométricos da equação química.

8. Há concordância, pois 0,36 é o valor numérico de K_C para a reação química em questão, a 100 °C. Apenas uma variação de temperatura alteraria esse valor.

9. $K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{2{,}0}{4{,}0}\right)^2}{\left(\frac{0{,}80}{4{,}0}\right)^2 \cdot \left(\frac{1{,}25}{4{,}0}\right)^2} = 20$

10. $K_c = \dfrac{[COCl_2]}{[CO] \cdot [Cl_2]} = \dfrac{\left(\frac{15}{30}\right)}{\left(\frac{2}{30}\right) \cdot \left(\frac{5}{30}\right)} = 45$

11. **a)** A curva **C** é decrescente e, portanto, corresponde ao NO_2. A curva **A** se refere ao NO, e a curva **B**, ao O_2, pois o coeficiente estequiométrico do NO é maior que o do O_2.

b) A partir do tempo *x* as concentrações permanecem constantes, indicando que foi atingido o equilíbrio químico.

c) Substituindo as concentrações de equilíbrio na expressão $K_C = [NO]^2[O_2]/[NO_2]^2$, obtemos o valor numérico $K_C = 0{,}5$.

12. $\alpha = \dfrac{0{,}100\ mol/L - 0{,}040\ mol/L}{0{,}100\ mol/L} = 0{,}60 = 60\%$

13. No início: $[N_2O_4] = 5{,}0$ mol/L. No equilíbrio: $[N_2O_4] = 1{,}3$ mol/L. A $[N_2O_4]$ diminui 3,7 mol/L. Então, de acordo com a proporção estequiométrica (1 : 2), a $[NO_2]$ deve aumentar 7,4 mol/L. Então, as concentrações de equilíbrio são: $[NO_2] = 7{,}4$ mol/L e $[N_2O_4] = 1{,}3$ mol/L. Mostre aos estudantes que, considerando-se **pensamento computacional**, pode-se elaborar um **algoritmo** como o apresentado a seguir (preenchido em mol/L), bastante usado em Química para relacionar a situação inicial com a de equilíbrio:

$N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2\,(g)$

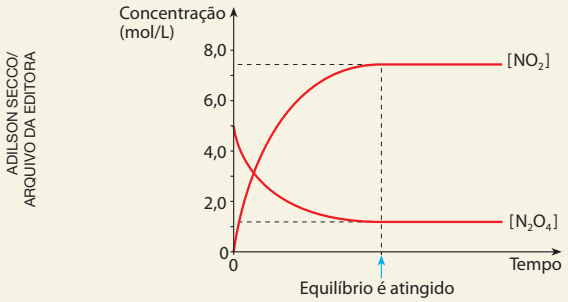
Início	5,0	—
Reagiu	3,7	—
Formou	—	7,4
No equilíbrio	1,3	7,4

Proporção estequiométrica (no caso, 1 : 2)

Substituindo as concentrações de equilíbrio na expressão $K_C = [NO_2]^2/[N_2O_4]$, obtém-se o valor numérico $K_C = 42$.

14. $\alpha = \dfrac{3{,}7\ mol/L}{5{,}0\ mol/L} = 0{,}74 = 74\%$

15. Mostre aos estudantes que os valores do algoritmo preenchido na atividade **13** auxiliam a esboçar o gráfico:



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

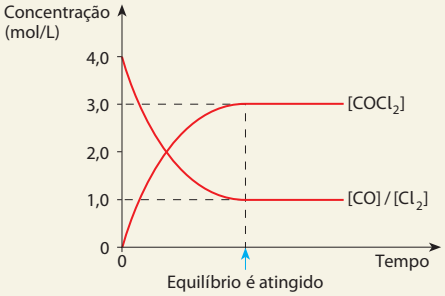
16. As concentrações iniciais são: $[CO] = [Cl_2] = 4{,}0$ mol/L. Reagiram: 75% · 4,0 mol/L = 0,75 · 4,0 mol/L = 3,0 mol/L. Então, preenchendo o algoritmo (em mol/L):

$CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$

Início	4,0	4,0	—
Reagiu	3,0	3,0	—
Formou	—	—	3,0
No equilíbrio	1,0	1,0	3,0

Substituindo as concentrações da última linha na expressão $K_C = [COCl_2]/[CO][Cl_2]$, obtemos o valor numérico $K_C = 3{,}0$.

17.



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

18. A 327 °C (600 K), pois, das temperaturas da tabela, é aquela em que K_C tem o maior valor numérico.

19. A 227 °C (500 K), pois, na situação proposta, quanto maior for valor de K_C, maior será a concentração de produto no equilíbrio.

20. **a)** Na reação I, pois ela apresenta o maior valor de K_C.

b) Na reação IV, porque é a que tem o menor valor de K_C.

21. Calculando o valor numérico de $[NO_2]^2/[N_2O_4]$ para as misturas, obtemos, respectivamente: 1,0; 4,0; 3,2 e 3,2. Assim, concluímos que as misturas dos frascos 3 e 4 já estão em equilíbrio.

22. Para o frasco 1, o resultado do cálculo mencionado deverá aumentar até se igualar a 3,2, quando o equilíbrio químico se estabelecerá. Assim, a concentração de NO_2 aumentará e a de N_2O_4 diminuirá. Para o frasco 2, ocorre o oposto: o resultado deverá diminuir até se igualar a 3,2. Nesse caso, a concentração de NO_2 diminuirá e a de N_2O_4 aumentará.

23. **a)** Súbito aumento da $[Br_2]$ por adição dessa substância.

b) O sistema, cuja situação de equilíbrio foi perturbada em **A**, avança para uma nova situação de equilíbrio químico, que é estabelecida no instante **B**.

c) Sim, pois as concentrações dos reagentes e do produto permanecem constantes ao longo do tempo.

d) Sim, pois o gráfico ilustra que o equilíbrio foi perturbado pelo aumento da $[Br_2]$ e, em consequência disso, deslocou-se no sentido de consumir reagentes e formar produto.

24. Aumento da concentração de N_2, aumento da concentração de H_2 e diminuição da concentração de NH_3.

25. Alternativa C. Em t_1, havia equilíbrio químico. O súbito aumento da $[H_2]$ acarreta deslocamento do equilíbrio no sentido do produto, até que uma nova situação de equilíbrio seja atingida.

26. O aumento da pressão sobre o êmbolo desloca o equilíbrio no sentido da menor quantidade em mols de espécies gasosas, ou seja, no sentido de formar produto, $NH_3\,(g)$. Já a diminuição da pressão sobre o êmbolo desloca o equilíbrio no sentido da maior quantidade em mols de espécies gasosas, isto é, no sentido de formar reagentes, $N_2\,(g)$ e $H_2\,(g)$.

27. Nesse equilíbrio, que envolve apenas substâncias em fase gasosa, a soma dos coeficientes estequiométricos do primeiro membro da equação (reagentes) é igual à do segundo membro (produto). Nem a reação direta nem a inversa alteram a quantidade em mols de espécies gasosas no sistema. Então, esse equilíbrio não é deslocado por redução de volume.

28. Alternativa B. Não há deslocamento por alteração de pressão no caso em que as somas dos coeficientes estequiométricos de reagentes e de produtos em fase gasosa são iguais.

Atividade em grupo – item 8

A amônia (NH_3) é um dos mais importantes insumos industriais, sendo matéria-prima em etapas importantes da fabricação, entre outros produtos, de ácido nítrico, fertilizantes, corantes, produtos de limpeza, ração para gado e alguns polímeros.

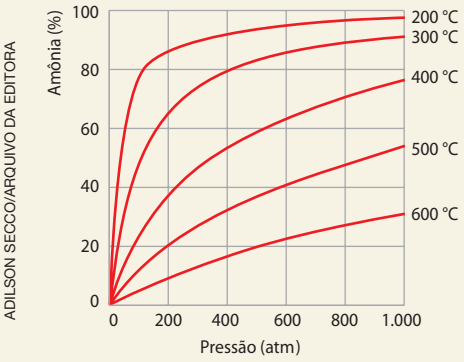
A reação química da síntese da amônia é assim equacionada:

$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3\,(g) \quad \Delta_r H^{\ominus} = -91{,}8\ kJ/mol\ (25\ °C;\ 100\ kPa)$

Na síntese industrial, há um conflito entre a necessidade de aquecimento, para aumentar a rapidez, e o fato de esse aquecimento diminuir o rendimento do processo (por deslocamento no sentido dos reagentes).

Fritz Haber (1868-1934) desenvolveu, em escala laboratorial, na década de 1910, um modo de sintetizar amônia por meio da reação mencionada. A patente foi adquirida por uma empresa que designou Carl Bosch (1874-1940) para aprimorar a síntese para escala industrial. O **processo** (ou **síntese de**) **Haber-Bosch** utiliza catalisador, alta temperatura e alta pressão. O catalisador e a alta temperatura aumentam a rapidez da reação, fazendo com que o equilíbrio tenda a ser atingido mais rapidamente. Para compensar o fato de o aquecimento concorrer para diminuir o rendimento do processo, utiliza-se elevada pressão, a fim de deslocar o equilíbrio no sentido de formação da amônia. A amônia é continuamente retirada do meio reacional (por condensação), visando ao deslocamento do equilíbrio no sentido do produto.

As condições de operação de reatores industriais de síntese de amônia são relativamente variáveis de uma indústria para outra, mas, a título de exemplificação, são comuns temperaturas de 400 °C a 500 °C e pressões de 100 atm a 300 atm. O rendimento pode ser estimado por meio da Figura. 1.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Figura 1. Rendimento porcentual da produção industrial de amônia em diversas pressões e temperaturas.

Fonte: MATTHEWS, P. **Advanced Chemistry**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. v. 1. p. 509.

No âmbito da atividade, os grupos elaborarão argumentos defendendo ou refutando o uso de fertilizantes nitrogenados (que, como mencionado na abertura do capítulo, são produzidos a partir da matéria-prima amônia). A atividade possibilita que os estudantes conheçam diferentes opiniões sobre os problemas referentes à agricultura e as possíveis soluções, sendo estimulados não somente a ter consciência acerca desses problemas (mediante a busca ativa de informações), mas também a opinar a seu respeito.

Entre os assuntos que poderão surgir a partir das pesquisas estão a necessidade de insumos para produção de alimentos em grande quantidade para a humanidade, a preocupação com a sobrevivência de pequenos produtores e a inserção destes no mercado, a utilização de adubação orgânica, o conhecimento da existência de interesses econômicos associados à agricultura extensiva e a busca de alternativas possíveis para resolver os problemas que existem, garantindo a segurança alimentar das populações e minimizando os impactos ambientais de práticas agrícolas, sejam elas de grandes ou pequenos produtores.

Ajude-os a fundamentar as argumentações, orientando-os na busca de fontes confiáveis de pesquisa e pedindo que apresentem seus argumentos em sala antes de gravar o material de divulgação. Auxilie também os estudantes na elaboração de um roteiro para a gravação, de forma a organizar o conteúdo produzido. Os vídeos gerados podem ser apresentados em sala, para estimular uma discussão sobre as pesquisas realizadas, e divulgados em mídias sociais da escola com o intuito de ampliar o debate para toda a comunidade escolar.

Aplicando conhecimentos

29. A reação é exotérmica no sentido direto e endotérmica no sentido inverso. O resfriamento aumenta a coloração violeta, pois desloca o equilíbrio no sentido dos produtos, produzindo I_2 (violeta). Já o aquecimento diminui a coloração, pois o equilíbrio é deslocado no sentido do reagente, consumindo I_2.

30. **a)** O valor de K_C é maior na amostra que está no banho de água morna, pois a cor azul indica que o equilíbrio está mais deslocado no sentido dos produtos.
b) A reação é endotérmica no sentido da formação dos produtos, pois o aquecimento deslocou o equilíbrio nesse sentido, resultando coloração azul mais intensa.
c) O deslocamento no sentido dos produtos (sentido endotérmico) está associado ao aumento de K_C, e o deslocamento no sentido dos reagentes (sentido exotérmico) se relaciona à diminuição de K_C.

31. Alternativa D. O aumento da pressão (alternativa D) desloca o equilíbrio no sentido de formação do produto, porque, nessa reação direta, ocorre diminuição da quantidade (em mols) de espécies químicas em fase gasosa. O catalisador (alternativa A) não causa deslocamento de equilíbrio, a redução da concentração de O_2 (alternativa B) desloca o equilíbrio no sentido de formar reagentes e o aquecimento (alternativa C) desloca o equilíbrio no sentido endotérmico, que é o da reação inversa.

32. Alternativa A. Como a reação direta é endotérmica, um aumento da temperatura favorece a formação de produtos. Isso provoca um aumento no valor de K_C.

Em destaque – Povos do campo

1. Resposta pessoal. Algumas fontes de pesquisa para sugerir são: FIOCRUZ. **Mapa de conflitos**. Disponível em: https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/; AGÊNCIA BRASIL. **Conflitos no campo foram recorde em 2023, mas área em disputa diminuiu**. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/Conflitos-no-campo-foram-recorde-em-2023,-mas-área-em-disputa-diminuiu. Acessos em: 24 out. 2024.

2. Resposta pessoal. No debate, insista em propostas de solução que contribuam para a **cultura de paz** na sociedade.

3. Johanna Döbereiner investigou a importância de bactérias fixadoras de nitrogênio que vivem em associação com raízes de plantas, possibilitando técnicas de manejo de culturas visando contribuir para a fertilidade do solo. Propostas de fontes para a pesquisa estão em *Referências suplementares*.

Atividades finais

1. No equilíbrio químico, deve haver reagentes e produto coexistindo no sistema. Isso está de acordo apenas com **D**.

2. Alternativa B é a falsa, pois as velocidades das reações direta e inversa só se igualam no equilíbrio, e, no instante $t = t_1$, o equilíbrio ainda não foi estabelecido.

3. Alternativa B. A vigência do equilíbrio mencionado não implica concentrações iguais em ambas as fases. Como o etanol pode estabelecer ligações de hidrogênio com a água, mas não com a gasolina, ele é mais solúvel em meio aquoso e, assim, sua concentração nesse meio será maior.

4. Alternativa B.

$$K_C = \frac{[CH_3OH]}{[CO] \cdot [H_2]^2} \Rightarrow 14{,}5 = \frac{0{,}145}{1 \cdot [H_2]^2} \Rightarrow [H_2] = 0{,}1 \text{ mol/L}$$

5. Alternativa C. No gráfico, após t_{eq}, temos as concentrações de reagentes e produtos no equilíbrio. Substituindo-as em K_C:

$$K_C = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \cdot [O_2]} = \frac{4^2}{(2)^2(3)} = \frac{4}{3} = 1{,}33$$

6. Alternativa C. A expressão da constante de equilíbrio é:

$$K_C = \frac{[I_2\ (\text{em } CCl_4)]_{\text{no eq.}}}{[I_2\ (\text{em água})]_{\text{no eq.}}}$$

No caso do sistema inicial descrito, temos:

$$\frac{[I_2\ (\text{em } CCl_4)]_{\text{inicial}}}{[I_2\ (\text{em água})]_{\text{inicial}}} = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{mol/L}}{0{,}1 \cdot 10^{-3}\ \text{mol/L}} = 10$$

Como esse valor é diferente de K_C (que vale 100), concluímos que o sistema não está em equilíbrio e que haverá passagem de I_2 da fase aquosa para a fase de CCl_4 até que o quociente das concentrações se iguale a 100, quando se estabelecerá o equilíbrio dinâmico entre I_2 (em água) e I_2 (em CCl_4).

7. Dividindo 64,0 g por 128 g/mol, temos $n(HI)_{\text{inicial}} = 0{,}50$ mol. Dividindo 12,8 g por 128 g/mol, temos $n(HI)_{\text{eq.}} = 0{,}10$ mol. A quantidade de HI que reagiu é 0,40 mol. Então:

a) $\alpha = \frac{n_{HI}\ \text{reagiu}}{n_{HI}\ \text{inicial}} = \frac{0{,}40\ \text{mol}}{0{,}50\ \text{mol}} = 0{,}80 = 80\%$

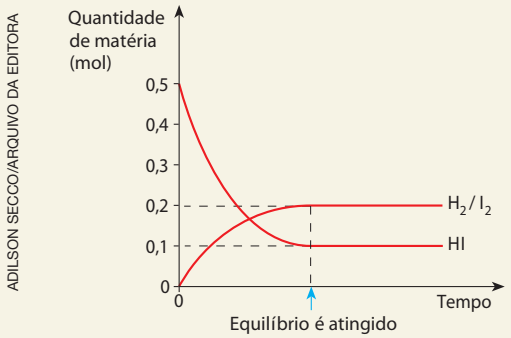
b) Considerando as quantidades (expressas em mol):

	2 HI ⇌	H_2 +	I_2
Início	0,50	—	—
Reagiu	0,40	—	—
Formou	—	0,20	0,20
No equilíbrio	0,10	0,20	0,20

Substituindo os valores da última linha em K_C:

$$K_c = \frac{[H_2]\,[I_2]}{[HI]^2} = \frac{\left(\frac{0{,}20}{V}\right) \cdot \left(\frac{0{,}20}{V}\right)}{\left(\frac{0{,}10}{V}\right)^2} = 4{,}0$$

c) Usando os dados do algoritmo, chegamos a:



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

8. Alternativa C. Como $K_C = 0{,}5$, decorre que a concentração de frutose-6-fosfato no equilíbrio vale metade da concentração de glicose-6-fosfato. Portanto, da quantidade inicial, apenas um terço reagiu, transformando-se em produto, e o grau de conversão do reagente em produto é de um terço (33,3%).

9. Alternativa E. O equilíbrio é deslocado no sentido do reagente, mas o valor de K_C não se altera.

10. Alternativa B. Com o aumento da altitude, o ar se torna rarefeito, o que significa que a concentração de gás oxigênio no ar diminui (assim como diminuem também as concentrações dos outros componentes do ar). A redução da concentração do reagente O_2 acarreta deslocamento do equilíbrio considerado no sentido dos reagentes, isto é, no sentido 2.

11. A adição de um pouco da solução aquosa concentrada de NaOH a uma amostra de leite de magnésia provoca aumento da concentração de OH^- (aq) na porção aquosa desse material e acarreta deslocamento do equilíbrio mencionado no sentido de formação de reagente, $Mg(OH)_2$ (s).

12. A adição da solução aquosa de HCl a um dos tubos de ensaio causa aumento da concentração de H_3O^+ (aq), que, por sua vez, provoca deslocamento do equilíbrio no sentido de formar reagentes, tornando a solução vermelha. Quando se adiciona a solução de NaOH ao outro tubo de ensaio, os íons OH^- (aq) neutralizam os íons H_3O^+ (aq), diminuindo sua concentração e provocando deslocamento do equilíbrio no sentido de formar produtos, tornando a solução azul.

Referências suplementares

ASCOM FAPERJ. Faperj integra comitê que planejou ações para comemorar o centenário de Johanna Döbereiner. **Faperj**, Rio de Janeiro, 8 fev. 2024. Disponível em: https://www.faperj.br/?id=488.7.0. Acesso em: 24 out. 2024.

Ao falar sobre a comemoração do centenário de nascimento da cientista, apresenta um resumo de sua biografia.

EMBRAPA. Johanna Döbereiner. **Embrapa**, Brasília, DF, Memória Embrapa. Disponível em: https://www.embrapa.br/memoria-embrapa/personagens/johanna-dobereiner. Acesso em: 24 out. 2024.

Explica aspectos da pesquisa desenvolvida pela pesquisadora e da importância de seus resultados para a agricultura.

REVADAM. R. Comemorar o centenário de Johanna Döbereiner é lutar por igualdade de gênero na Ciência, destacam especialistas. **Jornal da Ciência**. 24 out. 2024. Disponível em: https://portal.sbpcnet.org.br/noticias/comemorar-o-centenario-de-johanna-dobereiner-e-lutar-por-igualdade-de-genero-na-ciencia-destacam-especialistas/. Acesso em: 24 out. 2024.

Aborda a importância da valorização do protagonismo das mulheres na atividade de pesquisa e a necessidade de incentivar as jovens às carreiras científicas.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1**, **2**, **5** e **10** a **12**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade em grupo* e nas discussões do *Em destaque* do item 8.

Capítulo 16 Acidez e basicidade de soluções aquosas

Objetivos do capítulo

- Compreender o processo de autoionização da água e o conceito de produto iônico da água.
- Conhecer a escala de *pH* e interpretá-la corretamente.
- Entender como funcionam os indicadores ácido-base.
- Compreender a influência dos fatores pressão e temperatura na solubilidade de gases em água.
- Saber o que é solução-tampão e ter noção de que a parte aquosa do sangue é uma solução tamponada.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo utiliza os conceitos estudados no capítulo anterior para abordar equilíbrios iônicos em solução aquosa.

Os itens 1 e 2 se ocupam com a autoionização da água, sua constante de equilíbrio (o produto iônico da água, K_w) e as escalas de *pH* e *pOH*. O item 3 explica que os indicadores ácido-base funcionam com base no deslocamento de um equilíbrio, em função da acidez ou basicidade do meio aquoso em que se encontram. O item 4 aborda a solubilidade de gases em água e suas implicações. O item 5 discute o que são soluções-tampão.

Por dentro da BNCC

Os assuntos abordados e as atividades propostas no capítulo favorecem o desenvolvimento das **competências gerais 2** e **7** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT202**, **EM13CNT203**, **EM13CNT206**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT306**, **EM13MAT305** e **EM13LGG104**.

O **TCT Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) e os **ODS 6** e **14** relacionam-se a temáticas abordadas no capítulo.

Resoluções e comentários

Aplicando conhecimentos

1. Alternativa C. O termo **autoionização da água** designa o equilíbrio assim equacionado: $2\,H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq)$.

2. Alternativa A. Denomina-se **produto iônico da água** a constante de equilíbrio da reação de autoionização da água (K_w).

3. Alternativa C. Como se trata de um meio aquoso neutro, nele há íons oxônio e íons hidróxido, com $[H_3O^+] = [OH^-]$.

4. Alternativa D. Como é um meio aquoso ácido, $[H_3O^+] > [OH^-]$.

5. Alternativa D. Sendo um meio aquoso básico, $[H_3O^+] < [OH^-]$.

6. Alternativa A. Como K_W permanece constante (pois a temperatura não se altera), o produto $[H_3O^+] \cdot [OH^-]$ é constante. Como a $[H_3O^+]$ aumenta devido à ionização do ácido dissolvido, consequentemente, a $[OH^-]$ diminui.

7. Alternativa B. Como a temperatura não se altera, o produto $[H_3O^+] \cdot [OH^-]$ é constante. Como a $[OH^-]$ aumenta devido à dissociação da base dissolvida, então a $[H_3O^+]$ diminui.

8. Alternativa D. A dissociação iônica do NaCl, representada por $NaCl\,(s) \rightarrow Na^+\,(aq) + Cl^-\,(aq)$, aumenta a concentração total de íons em solução. Esse processo não altera $[H_3O^+]$ nem $[OH^-]$.

9. Substituindo $K_W = 1 \cdot 10^{-14}$ e $[H_3O^+] = 5 \cdot 10^{-3}$ mol/L na expressão $K_W = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$, obtemos: $[OH^-] = 2 \cdot 10^{-12}$ mol/L.

10. **a)** Partindo de $K_W = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$ e substituindo os valores de K_W e $[H_3O^+]$, chegamos a $[OH^-] = 1{,}6 \cdot 10^{-10}$ mol/L.
b) Como $[H_3O^+] > [OH^-]$, conclui-se que o meio é ácido.

Dialogando com o texto – item 2

1. A solução com $pH = 5$ é 10.000 vezes (10^4 vezes) mais ácida:
$pH = 5 \Rightarrow [H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-5}$ mol/L
$pH = 9 \Rightarrow [H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ mol/L
Dividindo o primeiro resultado pelo segundo, obtemos 10^4.

2. A solução com $pH = 9$ é 10.000 vezes (10^4 vezes) mais alcalina:
$pH = 5 \Rightarrow pOH = 9 \Rightarrow [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ mol/L
$pH = 9 \Rightarrow pOH = 5 \Rightarrow [OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-5}$ mol/L
Dividindo o segundo resultado pelo primeiro, obtemos 10^4.

Aplicando conhecimentos

11. $[H_3O^+] = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$ mol/L; $[OH^-] = 1{,}0 \cdot 10^{-10}$ mol/L.

12. Considerando ionização total do HCl:
$[H_3O^+] = 0{,}1$ mol/L $= 10^{-1}$ mol/L $\Rightarrow pH = 1$
$[H_3O^+] = 0{,}01$ mol/L $= 10^{-2}$ mol/L $\Rightarrow pH = 2$
A primeira é mais ácida, pois tem maior $[H_3O^+]$ (e menor pH).

13. Considerando dissociação total do NaOH:
$[OH^-] = 0{,}1$ mol/L $= 10^{-1}$ mol/L $\Rightarrow pOH = 1 \Rightarrow pH = 13$
$[OH^-] = 0{,}01$ mol/L $= 10^{-2}$ mol/L $\Rightarrow pOH = 2 \Rightarrow pH = 12$
A primeira é mais alcalina, pois tem maior $[OH^-]$ (e maior pH).

14. A solução II é ácida, o meio aquoso I é neutro e o material III é alcalino. A ordem crescente dos valores de pH é II < I < III.

15. Alternativa C. O descarte do ácido faz com que o pH do meio fique menor que 7. A adição da substância de caráter básico faz com que esse pH se eleve. Como a situação apresentada informa que a quantidade dessa substância foi suficiente para neutralizar a acidez, o pH final voltará a ser 7.

16. **a)** $[H_3O^+] = 10^{0,70} \cdot 10^{-3}$ mol/L $= 10^{-2,3}$ mol/L $\Rightarrow pH = 2{,}3$
b) $[H_3O^+] = 10^{0,80} \cdot 10^{-5}$ mol/L $= 10^{-4,2}$ mol/L $\Rightarrow pH = 4{,}2$
c) $[OH^-] = 10^{0,50} \cdot 10^{-4}$ mol/L $= 10^{-3,5}$ mol/L
$pOH = 3{,}5 \Rightarrow pH = 10{,}5$
d) $[OH^-] = 2 \cdot 10^{-1}$ mol/L $= 10^{0,30} \cdot 10^{-1}$ mol/L $= 10^{-0,7}$ mol/L
$pOH = 0{,}7 \Rightarrow pH = 13{,}3$

17. **a)** $\dfrac{[H_3O^+]_{\text{suco de limão}}}{[H_3O^+]_{\text{suco de goiaba}}} = \dfrac{1{,}0 \cdot 10^{-2,3}}{1{,}0 \cdot 10^{-4,3}} = 10^2$

b) $pOH_{\text{suco de limão}} = 14 - pH_{\text{suco de limão}} = 11{,}7$
$pOH_{\text{suco de goiaba}} = 14 - pH_{\text{suco de goiaba}} = 9{,}7$

c) $\dfrac{[OH^-]_{\text{suco de goiaba}}}{[OH^-]_{\text{suco de limão}}} = \dfrac{1{,}0 \cdot 10^{-9,7}}{1{,}0 \cdot 10^{-11,7}} = 10^2$

18. A cada unidade que o pH aumenta, a $[H_3O^+]$ diminui 10 vezes. Portanto, ao final, o efluente passou a ter concentração de íons H_3O^+ 1.000 vezes menor (10^3 vezes menor) do que no início.

19.

	pH	Eritrosina	Verde de bromocresol	Vermelho de metila	Timolftaleína
a)	5,6	vermelho	azul	laranja	incolor
b)	6,5	vermelho	azul	amarelo	incolor
c)	8,0	vermelho	azul	amarelo	incolor

20. Como a eritrosina fica vermelha, o pH está acima de 3,6. Como o verde de bromocresol fica amarelo, o pH está abaixo de 3,8. Portanto, o valor do pH da chuva está entre 3,6 e 3,8. (As outras duas informações não ajudam a estreitar mais essa faixa.)

21. **a)** Sim, pois o indicador ficará incolor na solução de $pH = 3$ e róseo na solução de $pH = 11$.
b) Não, pois as duas soluções têm pH menor que o da faixa de viragem e, nelas, o indicador ficará incolor.
c) Não, pois as duas soluções têm pH maior que o da faixa de viragem e, nelas, o indicador ficará róseo.

Estratégia de estudo – Construções comuns em textos científicos

Realize uma leitura interpretativa do texto em sala de aula, com pausas para comentar e esclarecer cada passagem. A seguir, proponha que os estudantes busquem – no livro ou em outras fontes de textos científicos – um exemplo que ilustre cada caso: comparação; ressalva ou oposição; causa e efeito. A seguir, faça uma roda de conversa para que cada um exponha à turma os exemplos que obteve.

Em destaque – Recifes de coral e dióxido de carbono dissolvido nos oceanos

A seção apresenta informações sobre as causas e as consequências do branqueamento dos corais, retomando a abertura e abrangendo temas abordados ao longo do capítulo. São levantados dois questionamentos, e a expectativa é a de que os estudantes expliquem os efeitos da temperatura e da concentração atmosférica sobre a solubilidade de CO_2 na água do mar: (1) Nos mares frios, a baixa temperatura favorece a dissolução do $CO_2\,(g)$ na água, o que aumenta a $[CO_2\,(aq)]$ e desloca o segundo equilíbrio mencionado no sentido dos produtos, consumindo o $CaCO_3\,(s)$. (2) O aumento da concentração de $CO_2\,(g)$ na atmosfera desloca o primeiro equilíbrio no sentido de dissolver mais desse composto na água do mar e, devido ao aumento da $[CO_2\,(aq)]$, o segundo equilíbrio também é deslocado no sentido dos produtos, dissolvendo $CaCO_3\,(s)$. Assim, tanto em (1) quanto em (2), o desenvolvimento dos recifes de coral é prejudicado.

Para a criação do vídeo, insista na necessidade da elaboração de um roteiro para organizar a produção e garantir abordagem clara e objetiva. Estimule-os a pesquisar recursos (animações, simuladores, vídeos, infográficos) que ajudem na transmissão das ideias.

Aplicando conhecimentos

22. a) O gráfico ilustra a lei de Henry, segundo a qual a solubilidade de um gás em um líquido, a certa temperatura, é diretamente proporcional à pressão do gás.

b) O gráfico **não** sustenta a afirmação de que diferentes gases apresentam a mesma solubilidade em água quando nas mesmas condições de pressão e temperatura. Ao contrário, ele evidencia que, a 20 °C e a uma determinada pressão (escolhida no eixo *x*), as solubilidades são distintas.

23. a) A solubilidade dos dois gases é diminuída como consequência do aquecimento.

b) O gráfico mostra que a solubilidade do gás oxigênio vale aproximadamente 1,50 mg por 100 g de água, a 0 °C, e cerca de 0,80 mg por 100 g de água, a 30 °C. Assim, a solubilidade a 30 °C é quase a metade do valor a 0 °C.

c) O gráfico informa que a solubilidade do gás oxigênio vale aproximadamente 1,50 mg por 100 g de água, a 0 °C, e cerca de 0,50 mg por 100 g de água, a 100 °C. Assim, a solubilidade a 100 °C é cerca de um terço do valor a 0 °C.

d) O aquecimento diminui a solubilidade do gás oxigênio em água. Como os peixes necessitam desse gás dissolvido para a respiração, essa redução pode matá-los. Essa forma de poluição é denominada **poluição térmica**.

24. a) Água: H_2O; gás oxigênio: O_2.

b) O estudante confundiu o elemento químico oxigênio (símbolo: O), que faz parte da composição da substância composta água (fórmula molecular: H_2O), com a substância simples gás oxigênio (fórmula molecular: O_2). Os peixes respiram a substância gás oxigênio (O_2) dissolvida na água.

25. A adição de ácido acarreta aumento da concentração de íons H_3O^+, deslocando o equilíbrio no sentido de produzir CO_2 (aq), que, em parte, é liberado como CO_2 (g). Já a adição de uma base provoca diminuição da concentração de íons H_3O^+ e desloca o equilíbrio no sentido dos reagentes, consumindo CO_2.

26. A adição de ácido provoca aumento da concentração de íons H_3O^+, deslocando o primeiro equilíbrio no sentido dos produtos. Isso aumenta a concentração de HCO_3^-, o que, juntamente com a alta concentração de H_3O^+, desloca o segundo equilíbrio também no sentido dos produtos. Esse segundo deslocamento produz CO_2 (aq), que, em parte, é liberado na forma gasosa. Já a adição de uma base diminui a concentração de íons H_3O^+ e desloca os dois equilíbrios no sentido dos reagentes, não acarretando efervescência.

27. A adição de ácido neutraliza íons OH^-, diminuindo sua concentração e deslocando o equilíbrio no sentido dos produtos, diminuindo a concentração de NH_3. Assim, reduz-se a possibilidade de liberação de amônia gasosa. A adição de uma base, ao contrário, aumenta a concentração de íons OH^-, provocando deslocamento do equilíbrio no sentido dos reagentes, produzindo NH_3 (aq), intensificando a liberação de amônia gasosa e acentuando o odor.

28. Os íons H_3O^+ neutralizam os íons OH^-, diminuindo sua concentração e deslocando o equilíbrio no sentido dos produtos, dissolvendo a hidroxiapatita na forma de íons aquosos.

Educação midiática – Curadoria de conteúdos

Respostas pessoais. Espera-se que os estudantes adquiram noção da origem dos óxidos poluentes envolvidos na chuva ácida (SO_2, SO_3 e NO_2), os quais, por reação com água, produzem ácidos (H_2SO_3, H_2SO_4, HNO_2 e HNO_3) que diminuem o *pH* da chuva. Também espera-se que eles reconheçam a **relevância do processo de curadoria de conteúdos** no mundo atual, em que muitas informações estão disponibilizadas, mas nem sempre de qualidade, confiáveis e adequadas ao aprendizado.

Atividades finais

1. Alternativa D. No gráfico II, verifica-se maior número de espécies em ambiente de *pH* entre 7 e 8. No gráfico I, essa condição é verificada no ambiente D.

2. Alternativa C. Os materiais apropriados para amenizar o odor são os mais ácidos, isto é, com valores maiores de $[H_3O^+]$. São eles: o suco de limão e o vinagre.

3. Alternativa D. Analisemos cada item: I pode ocorrer, pois a acidificação da água tornará o meio impróprio à vida dos peixes; II pode ocorrer, pois, quanto mais distante do local do acidente, menos alterada será a qualidade da água, especialmente no sentido oposto àquele em que corre a água; III não pode ocorrer, pois a contínua diluição do ácido pela correnteza eliminará o ácido com o passar do tempo; IV pode ocorrer, pois, na mistura de ácido concentrado com água, há liberação de calor.

4. Alternativa B. Na seguinte representação esquemática do rio, o fluxo de água é da esquerda para a direita, as indústrias estão na parte superior, e os valores de *pH*, na parte inferior:

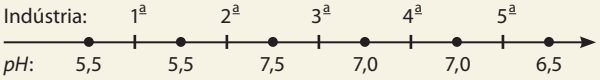


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Dos valores de *pH* dados, apenas 7,5 corresponde a meio básico. Isso indica que a indústria que despejou seu efluente antes do ponto de amostragem em que se obteve esse valor descarta efluente básico. É, portanto, a segunda indústria.

5. Para a $[H_3O^+]$ mais alta: $\log 5 = 0{,}7 \Rightarrow 10^{0,7} = 5$
$[H_3O^+] = 5 \cdot 10^{-8}$ mol/L $= 10^{0,7} \cdot 10^{-8}$ mol/L $= 10^{-7,3}$ mol/L
Para a $[H_3O^+]$ mais baixa: $\log 3 = 0{,}5 \Rightarrow 10^{0,5} = 3$
$[H_3O^+] = 3 \cdot 10^{-8}$ mol/L $= 10^{0,5} \cdot 10^{-8}$ mol/L $= 10^{-7,5}$ mol/L
Portanto, o *pH* das amostras está na faixa de 7,3 a 7,5.

6. Alternativa C. Pela cor apresentada pelo indicador: I, concluímos que $pH > 3{,}0$; II, concluímos que $pH > 4{,}6$; III, concluímos que $4{,}2 < pH < 6{,}2$; IV, concluímos que $pH < 6{,}0$. Então, o *pH* está na faixa: $4{,}6 < pH < 6{,}0$.

7. Alternativa B. $[H_3O^+] = 1 \cdot 10^{-6}$ mol/L $\Rightarrow \quad pH = 6$
$[H_3O^+] = 2{,}5 \cdot 10^{-8}$ mol/L $= 10^{0,4} \cdot 10^{-8}$ mol/L $\Rightarrow$
$\Rightarrow \quad [H_3O^+] = 10^{-7,6}$ mol/L $\Rightarrow \quad pH = 7{,}6$
Assim, o azul de bromotimol adquire coloração amarela em meios com $pH < 6$ (suco de tomate e água da chuva) e azul em meios com $pH > 7{,}6$ (água do mar).

8. Alternativa C. Diminuindo a pressão, o equilíbrio é deslocado no sentido de formar reagentes (pois o primeiro membro da equação tem maior soma dos coeficientes de espécies químicas gasosas). Esse deslocamento diminui a concentração de HCl e HClO na solução e reduz sua acidez (aumenta o *pH*).

9. Alternativa D. O aumento da concentração de CO_2 na atmosfera da cápsula aumenta a acidez do sangue porque desloca o primeiro equilíbrio a seguir no sentido dos produtos, o que, por sua vez, acarreta deslocamento do segundo equilíbrio também no sentido dos produtos, aumentando a $[H_3O^+]$. Portanto, o *pH* do sangue diminui ao longo do tempo.

$$CO_2\,(g) \rightleftharpoons CO_2\,(aq)$$
$$CO_2\,(aq) + 2\,H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq)$$

10. Alternativa D. A adição de base faz o *pH* das duas soluções aumentar. Como I é tamponada, esse aumento será menor.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **4**, **6** e **9**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas duas *Atividades em grupo* e na *Atividade prática*.

Capítulo 17 Pilhas e baterias (celas galvânicas)

Objetivos do capítulo

- Equacionar as semirreações anódica e catódica de celas galvânicas – associando-as aos conceitos de oxidação e redução – e, a partir delas, obter a equação da reação global.
- Compreender o conceito de potencial-padrão de semicela.
- Saber calcular a força eletromotriz de uma pilha.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo aborda a possibilidade de se utilizar a energia química presente em dispositivos como pilhas e baterias na geração de energia elétrica. Converse com os estudantes sobre as aplicações desses dispositivos, ressaltando que são portáteis e, em muitos dos casos, recarregáveis. Questione-os sobre a origem da energia elétrica das pilhas e baterias, conduzindo à explicação de que os componentes desses dispositivos armazenam energia química e, por meio de reações químicas de transferência de elétrons, convertem-na em energia elétrica.

Destaque que as contribuições da cientista etíope Sossina Haile têm sido fundamentais para o desenvolvimento de células a combustível (dispositivos apresentados no *Em destaque*). Caso considere válido, estimule uma discussão na qual os estudantes devem propor quais as vantagens e desvantagens de utilizar carros elétricos em detrimento dos automóveis com motor de combustão interna. Espera-se que eles comentem o fato de os carros elétricos gerarem menos poluentes do que aqueles movidos a combustíveis como gasolina e etanol. Também é provável que destaquem que os carros elétricos são, em geral, mais caros em função do preço (ainda) elevado das baterias utilizadas.

A seguir, desenvolva os assuntos na sequência apresentada e leve em consideração, na sua abordagem, que o conceito de número de oxidação será discutido no próximo capítulo. Então, por enquanto, restrinja a conceituação de oxidação à perda de elétrons e a de redução ao recebimento de elétrons.

Por dentro da BNCC

Como decorrência das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo possibilita que sejam desenvolvidas as **competências gerais 4** e **5** e as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT106**, **EM13CNT107**, **EM13CNT203**, **EM13CNT206**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308**, **EM13CNT309** e **EM13CHS403**.

Quanto aos **TCT**, o capítulo envolve **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome), **Educação para o Consumo** (macroárea **Meio Ambiente**), **Saúde** (macroárea de mesmo nome) e **Trabalho** (macroárea **Economia**). Quanto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ele abrange temática ligada aos **ODS 4** e **12**.

Resoluções e comentários

Aplicando conhecimentos

1. **a)** Semicela de zinco: ânodo; semicela de níquel: cátodo.

b) Placa de zinco: polo negativo; placa de níquel: polo positivo.

c) O zinco metálico, Zn^0, se oxida, e os íons níquel(II), Ni^{2+}, se reduzem.

d) A placa de zinco.

e) A placa de níquel.

f) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

g) $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$

h) Somando as equações das semirreações:

$$\begin{array}{r} Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^- \\ Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s) \\ \hline Zn(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Ni(s) \end{array} \quad (+)$$

i) Ânions migram da semicela de níquel para a de zinco, e cátions, da semicela de zinco para a de níquel.

2. **a)** Semicela de cobre: ânodo; semicela de prata: cátodo.

b) Placa de cobre: polo negativo; placa de prata: polo positivo.

c) O cobre metálico, Cu^0, se oxida e os íons prata, Ag^+, se reduzem.

d) $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

e) $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$

f) Somando a semirreação de oxidação com a de redução multiplicada por 2, chegamos a:

$$\begin{array}{r} Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^- \\ 2\,Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2\,Ag(s) \\ \hline Cu(s) + 2\,Ag^+(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag(s) \end{array} \quad (+)$$

g) O sentido de movimentação dos elétrons no fio condutor é da placa de cobre metálico para a placa de prata metálica.

h) Ânions migram da semicela de prata para a de cobre e cátions, da semicela de cobre para a de prata.

Em destaque – Células galvânicas a combustível

As atividades sugeridas no *Em destaque*, recomendadas para desenvolvimento em grupos, requerem inicialmente a leitura e a interpretação do texto. Espera-se que os estudantes percebam duas vantagens das células a combustível que utilizam gás hidrogênio em relação às pilhas e baterias convencionais. Uma delas é que o produto formado, água, não é poluente. Outra diz respeito ao fato de os reagentes serem continuamente fornecidos a partir do meio externo à cela galvânica, o que possibilita seu funcionamento por longo período de tempo, desde que o suprimento seja mantido e o dispositivo esteja em condições adequadas de manutenção.

Ressalte que as células a combustível são dispositivos que, como qualquer cela galvânica, convertem energia química em energia elétrica, mas o fato de os reagentes não estarem contidos no interior do sistema oferece uma vantagem referente ao reabastecimento, tornando esse tipo de sistema útil, por exemplo, em veículos automotores.

Durante a realização das atividades, espera-se que os estudantes cheguem a respostas como as descritas a seguir. Verifique como eles se saíram e, se necessário, auxilie-os na interpretação do texto (que pode ser lido em voz alta, cada trecho por um estudante, com pausas regulares para intervenção explicativa do docente, a fim de garantir o entendimento por todos) e também dos enunciados das atividades.

1. No caso da célula a combustível alcalina:

$$\begin{array}{r} 2\,H_2(g) + 4\,OH^-(aq) \rightarrow 4\,H_2O(l) + 4e^- \\ O_2(g) + 4e^- + 2\,H_2O(l) \rightarrow 4\,OH^-(aq) \\ \hline 2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l) \end{array} \quad (+)$$

No caso da célula a combustível ácida:

$$2\,H_2\,(g) \rightarrow 4\,H^+(aq) + 4\,e^-$$
$$O_2\,(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O\,(l)$$
$$\overline{2\,H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2\,H_2O\,(l)}\ (+)$$

Portanto, nos dois casos, a equação da reação global é a mesma. Ressalte a origem do nome "célula a combustível": o processo global é similar à reação de combustão do gás hidrogênio.

2. A pilha **A** usa eletrólito ácido, pois ocorre migração de íons oxônio (H_3O^+) através dele, e a produção de água acontece no cátodo. A pilha **B** usa eletrólito alcalino, pois acontece migração de íons hidróxido (OH^-) através dele, e a produção de água acontece no ânodo.

Estratégia de estudo – Pesquisando em diversas fontes

Em alguns capítulos precedentes, foram sugeridas estratégias de fichamento de conteúdos e de elaboração de lista de tópicos, mapas mentais e mapas conceituais, técnicas que favorecem a organização de temas estudados e o entendimento de conceitos por meio de sua interligação com outros saberes.

A presente seção segue em consonância com isso, apresentando uma forma de realizar fichamento bibliográfico, estratégia para coletar informações de diversas fontes, que permite manter o controle sobre a origem da informação e sua pertinência ao contexto da pesquisa bibliográfica que se realiza.

Incentive os estudantes a aplicar essa técnica na pesquisa a ser realizada para a realização da *Atividade em grupo* a seguir.

Atividade em grupo – item 5

Para o desenvolvimento da atividade, auxilie os estudantes a definir quais são os tipos de pilhas e baterias que serão pesquisados, por exemplo, pilha seca alcalina, acumulador ácido-chumbo e bateria de íons lítio. Oriente-os sobre a pesquisa em fontes confiáveis e ressalte que os vídeos serão usados para compartilhar informações com o público leigo, ou seja, com pessoas que, em geral, não possuem conhecimentos específicos a respeito de pilhas, baterias e suas tecnologias. É importante que a linguagem seja simples e clara, a fim de atingir o maior público possível.

Incentive os estudantes a incluir recursos visuais que favoreçam a compreensão, como ilustrações, animações, simuladores e trechos de vídeos, desde que tenham licença de uso livre.

Instrua os estudantes na produção de um roteiro, com o objetivo de estruturar o conteúdo que será apresentado. Destaque que é importante que sejam incluídas informações sobre locais, principalmente das proximidades da escola, para a destinação correta de pilhas e baterias que chegaram ao fim da vida útil. As produções podem ser divulgadas nas mídias sociais da instituição, para estimular a discussão em toda a comunidade escolar.

Aplicando conhecimentos

3. A força eletromotriz da pilha é dada por:
$\Delta E^\ominus = E^\ominus_{\text{cátodo}} - E^\ominus_{\text{ânodo}} = +0{,}80\,V - (-0{,}76\,V) = +1{,}56\,V$

4. **a)** A semicela de zinco (Zn^{2+}/Zn^0).

b) A placa de prata metálica.

c) O zinco metálico, Zn (s), será oxidado e os íons prata, Ag^+ (aq), serão reduzidos.

d) Semirreação anódica: $Zn\,(s) \rightarrow Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-$
Semirreação catódica: $Ag^+\,(aq) + e^- \rightarrow Ag\,(s)$

e) Somando a semirreação de oxidação com a de redução multiplicada por 2, chegamos a:

$$Zn\,(s) \rightarrow Zn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-$$
$$2\,Ag^+\,(aq) + 2\,e^- \rightarrow 2\,Ag\,(s)$$
$$\overline{Zn\,(s) + 2\,Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\,Ag\,(s)}\ (+)$$

f) O sentido de movimentação dos elétrons é da placa de zinco metálico para a de prata metálica.

g) Ânions migrarão da semicela de prata para a de zinco e cátions, da semicela de zinco para a de prata.

5. A representação correta é a do estudante 1, pois indica corretamente a oxidação do alumínio metálico (menor $E^\ominus$) e a redução dos íons cobre(II) (maior $E^\ominus$). Para obter a equação da reação global, é necessário multiplicar a semirreação de oxidação por 2 e a semirreação de redução por 3 e somá-las.

$$2\,Al\,(s) \rightarrow 2\,Al^{3+}\,(aq) + 6\,e^-$$
$$3\,Cu^{2+}\,(aq) + 6\,e^- \rightarrow 3\,Cu\,(s)$$
$$\overline{2\,Al\,(s) + 3\,Cu^{2+}\,(aq) \rightarrow 2\,Al^{3+}\,(aq) + 3\,Cu\,(s)}\ (+)$$

6. $\Delta E^\ominus = E^\ominus_{\text{cátodo}} - E^\ominus_{\text{ânodo}} = -0{,}13\,V - (-1{,}66\,V) = +1{,}53\,V$

7. **a)** Os estudantes podem citar: zinco metálico, Zn(s), dióxido de manganês, $MnO_2\,(s)$, ou água, $H_2O\,(l)$.

b) A semirreação II, pois é de redução.

c) A semirreação I, pois se trata de uma oxidação.

8. **a)** A segunda semirreação (maior $E^\ominus$) ocorre no sentido mostrado (redução) e a primeira (menor $E^\ominus$), no sentido inverso ao mostrado (oxidação):

$$Pb\,(s) + SO_4^{2-}\,(aq) \rightarrow PbSO_4\,(s) + 2\,e^-$$
$$PbO_2\,(s) + 4\,H^+(aq) + SO_4^{2-}\,(aq) + 2\,e^- \rightarrow$$
$$\rightarrow PbSO_4\,(s) + 2\,H_2O\,(l)$$
$$\overline{Pb\,(s) + PbO_2\,(s) + 4\,H^+(aq) + 2\,SO_4^{2-}\,(aq) \rightarrow}\ (+)$$
$$\rightarrow 2\,PbSO_4\,(s) + 2\,H_2O\,(l)$$

b) Os estudantes podem citar: chumbo metálico, Pb(s), óxido de chumbo(IV), $PbO_2\,(s)$, ou ácido sulfúrico, $H_2SO_4\,(aq)$, pois íons $H^+(aq)$ e $SO_4^{2-}(aq)$ (na proporção 2 : 1) são reagentes.

c) $\Delta E^\ominus = 6 \cdot [E^\ominus_{\text{cátodo}} - E^\ominus_{\text{ânodo}}]$
$\Delta E^\ominus = 6 \cdot [+1{,}69\,V - (-0{,}36\,V)] = +12{,}3\,V$

Atividade prática – Pilhas de limão em série

Enfatize aos estudantes alguns pontos para a obtenção do resultado pretendido (acendimento do LED): (1) local que possa ser razoavelmente escurecido (pois a luminosidade de alguns LEDs é pouco intensa); (2) lixar as placas; (3) cuidado para que as placas não se toquem; e (4) atenção à polaridade do LED ao conectá-lo, como descrito no procedimento.

Espera-se que os estudantes concluam que Zn (s) se oxida a Zn^{2+} (aq) e que íons H_3O^+ (aq) se reduzem a H_2 (g) (a quantidade é tão irrisória que sequer se observa borbulhamento). A redução não pode ser de Cu^{2+} a Cu (s) porque não existem íons cobre(II) no sumo do limão.

$$Zn\,(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$$
$$2\,H_3O^+(aq) + 2\,e^- \rightarrow H_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)$$
$$\overline{Zn\,(s) + 2\,H_3O^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)}\ (+)$$

Pode-se acrescentar meio limão e duas placas, aumentando o circuito para cinco pilhas em série, o que permite acender um LED azul (que requer tensão elétrica um pouco maior).

Discuta os resultados com os grupos e auxilie-os a chegar à explicação. A esta altura do curso, espera-se que os estudantes sejam capazes de elaborar um relatório de melhor qualidade, com base na parte inicial do texto *Relatório de atividade prática e relatório científico*, do Capítulo 1, e empregando a técnica sugerida em *Estratégia de ensino* para embasar suas conclusões e citar adequadamente as referências bibliográficas consultadas.

Mundo do trabalho – Que rumos o trabalho tomará?

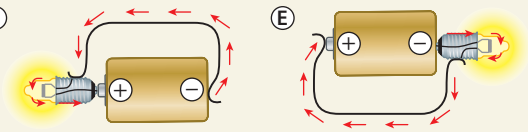
As respostas são pessoais. As atividades propiciam a análise de impactos de novas tecnologias nas dinâmicas de trabalho, com ênfase na inteligência artificial e nos processos de informatização e de automação.

Promova trocas das informações obtidas pelos grupos quanto às mudanças no mundo do trabalho advindas das inovações tecnológicas e das relações que estabelecem com seus **projetos de vida**, considerando continuidade na educação, atuação profissional e social. Se possível, será enriquecedor revisitar as produções da seção *Mundo do trabalho* do Capítulo 11 e retomar, da seção *Mundo do trabalho* do Capítulo 10, o mapeamento de profissionais de referência na comunidade, de possibilidades e necessidades de atuação em diferentes áreas e no serviço voluntário e de espaços com oportunidades formativas. Essa retomada permite acrescentar conexões com outros espaços formais de educação, agora com ênfase em carreiras e profissões com perspectiva de maior demanda devido às inovações tecnológicas.

Encerre promovendo uma roda de conversa em que os estudantes possam **retomar e (re)significar seus projetos de vida** à luz das aprendizagens construídas e em diálogo com os colegas: Em que os estudos realizados me ajudam a confirmar desejos e escolhas que eu tinha para meu projeto de vida? O que sinto necessidade de repensar e por quê? Que metas devo estabelecer?

Atividades finais

1. A lâmpada deve acender nas montagens **C** e **E**. Nelas, há um circuito elétrico fechado. Na parte metálica do circuito, externa à pilha, elétrons se movimentam de um ponto de menor potencial elétrico (polo negativo) para um de maior potencial elétrico (polo positivo). Nesse trajeto está incluído o filamento da lâmpada, que se aquece e fica incandescente devido à passagem de corrente elétrica.
2. Ⓒ Ⓔ



ADILSON SECCO/ ARQUIVO DA EDITORA

3. Alternativa E. Somando as duas semirreações apresentadas, obtemos a equação da reação global:
$C_2H_6O(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow C_2H_4O(g) + H_2O(l)$
Portanto, o gás oxigênio do ar e o álcool (etanol) expirado são reagentes e a água e o C_2H_4O (etanal) são produtos.
4. Alternativa C. De acordo com a análise feita nas atividades da seção *Em destaque*, a semirreação do $H_2(g)$ é de oxidação, e a semirreação do $O_2(g)$ é de redução. A oxidação do $H_2(g)$ ocorre no ânodo, e a redução do $O_2(g)$, no cátodo.
5. Alternativa A. A célula de combustível transforma energia química em energia elétrica, produzindo a substância água, que não é poluente. A equação da reação global é:
$2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l)$

Referências suplementares

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, p. 3-9, 2000.

Apresenta o funcionamento de algumas pilhas e baterias e discute o impacto ambiental desses dispositivos.

HIOKA, N. *et al*. Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, p. 40-44, 2000.

Sugere e analisa experimentos de construção de celas galvânicas para operar pequenos equipamentos eletrônicos.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **5**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade prática*.

Capítulo 18 Oxidantes e redutores

Objetivos do capítulo

- Equacionar semirreações de oxidação ou redução, sendo conhecidas a espécie química reduzida e a oxidada.
- Elaborar a equação que representa uma reação global de oxirredução a partir das equações das semirreações.
- Identificar redutor e oxidante em uma reação de oxirredução.
- Compreender e utilizar o conceito de número de oxidação.
- Avaliar a força de oxidantes e de redutores por meio de valores de potencial-padrão.
- Reconhecer a utilidade de técnicas como a galvanização e a proteção catódica na prevenção da corrosão metálica.

Sugestões didáticas e comentários

Na abertura do capítulo, comenta-se a ocorrência de reações de transferência de elétrons em bactérias nitrificantes, cujo metabolismo permite obter energia por meio de reações envolvendo compostos nitrogenados. O produto final dessas reações, o íon nitrato, fica disponível para a absorção pelas plantas, atuando como nutriente. Leia com os estudantes as perguntas apresentadas no final do texto de abertura, estimule-os a criar hipóteses para responder esses questionamentos e registre as respostas. Após a abordagem do item 1, retome essas perguntas para que eles possam realizar os ajustes eventualmente necessários.

O capítulo começa explicando como equacionar semirreações e reconhecê-las como de oxidação ou de redução. Somente após essa discussão inicial é que o capítulo amplia a discussão para mostrar que o conceito de número de oxidação facilita identificar, por meio da equação química global, se determinada reação é ou não de oxirredução. Assim, a sugestão é conduzir o tema na sequência apresentada, para que a compreensão conceitual dos processos de oxidação e redução seja favorecida.

Somente após os estudantes terem desenvolvido essa compreensão conceitual, amplie a discussão para a força de oxidantes e redutores (item 5) e a corrosão de metais (item 6).

Por dentro da BNCC

O capítulo propicia situações de aprendizado para o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **4**, **5** e **7** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT105**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, **EM13CNT206**, **EM13CNT302**, **EM13CNT306**, **EM13CNT307** e **EM13CNT310**.

O capítulo também aborda temáticas relacionadas ao **TCT Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) e ao **ODS 6**.

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

O primeiro *Dialogando com o texto* ressalta que o íon H^+ não existe isoladamente em meio aquoso, mas sim ligado a uma molécula de água, originando íon oxônio (H_3O^+). Salienta o boxe que a representação simplificada H^+ é largamente utilizada e, assim, deve ser conhecida e compreendida pelos estudantes.

O segundo *Dialogando com o texto* resume as indicações de fase (sólida, líquida, gasosa, aquosa) em uma equação química e ressalta que, em função do foco deste capítulo, não há indicação das fases na maioria das equações apresentadas.

No terceiro *Dialogando com o texto*, a expectativa é a de que os estudantes considerem as semirreações equacionadas a seguir, multipliquem a primeira por 2 (para igualar o número de elétrons perdidos ao número de elétrons recebidos) e somem-nas.

$$2 \times [NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-]$$
$$1 \times [O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O]$$
$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- \quad (+)$$

Aqui, há um ponto interessante que é oportuno comentar com os estudantes: embora o gás oxigênio (O_2) seja reduzido a água, a fórmula H_2O não comparece no segundo membro da equação da reação global. Por quê? A resposta pode ser percebida pelas equações das semirreações. A quantidade de água produzida na semirreação de redução é igual à que reage na semirreação de oxidação e, assim, **sob o ponto de vista estequiométrico global**, não há formação ou consumo efetivo de água.

O fato de não haver água nos produtos significa que não existe produção efetiva de água, mas nada afirma sobre as etapas bioquímicas por meio das quais a reação global se processa.

Atividade em grupo – item 2

As semirreações que os estudantes devem elaborar são:

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 24H^+ + 24e^-$$
$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$$

Multiplicando a segunda por 6 e somando-as, temos:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

Instrua os estudantes para que, na apresentação por escrito, expliquem o raciocínio que seguiram para chegar ao resultado. Isso os fará sintetizar e organizar o trabalho feito, o que favorece a compreensão dos conceitos subjacentes.

Aplicando conhecimentos

1. **a)** $Fe^{2+} + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^-$
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

b) Para igualar o número de elétrons, é necessário multiplicar a semirreação de oxidação por 4. Somando-as, obtém-se:
$4Fe^{2+} + O_2 + 10H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H^+$

c) O oxidante é o gás oxigênio, O_2, pois, ao ser reduzido a H_2O, provoca a oxidação de Fe^{2+} a $Fe(OH)_3$.

2. **a)** A primeira semirreação é de oxidação (perda de elétrons), e a segunda é de redução (recebimento de elétrons).

b) Multiplicando a segunda equação por 3 (para igualar o número de elétrons) e somando com a primeira:
$C_6H_{12}O_6 + 3SO_4^{2-} + 6H^+ \rightarrow 6CO_2 + 3H_2S + 6H_2O$

c) A espécie química que se reduz, o sulfato (SO_4^{2-}), atua como oxidante, e a substância que se oxida, a glicose ($C_6H_{12}O_6$), atua como redutor.

3. A equação da semirreação de oxidação de sulfito a sulfato é:
$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$
A equação da semirreação de redução do bromo a brometo é:
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$
Somando as duas, chegamos à equação da reação global:
$SO_3^{2-} + Br_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2Br^- + 2H^+$
A espécie química que se reduz, Br_2, atua como oxidante, e a espécie química que se oxida, SO_3^{2-}, atua como redutor.

4. $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
Tanto o íon permanganato quanto o íon dicromato podem atuar como oxidantes, pois são espécies químicas que se reduzem (recebem elétrons) quando tais semirreações ocorrem.

5. **a)** $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

b) Multiplicando a equação do item **a** por 5, a equação da semirreação de redução do permanganato (atividade anterior) por 2 e somando-as, obtemos:
$10Cl^- + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 5Cl_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

Dialogando com o texto – item 4

Espera-se que, estimulados pela solicitação feita na atividade, os estudantes obtenham as equações das semirreações envolvidas na decomposição do peróxido de hidrogênio.

$$H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$$
$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$$

Somando essas duas equações de semirreações, obtemos:

$$2H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$$

Solicite aos estudantes que determinem o número de oxidação dos elementos químicos hidrogênio (H) e oxigênio (O), nos reagentes e nos produtos. A partir dessa determinação, verifique se eles percebem que não ocorre mudança do número de oxidação do elemento hidrogênio (+1), mas que o elemento oxigênio se oxida de −1 (em H_2O_2) a zero (em O_2) e se reduz de −1 (em H_2O_2) a −2 (em H_2O), o que deixa claro que **um mesmo elemento se oxida e se reduz**, o que caracteriza uma **auto-oxirredução**.

Aplicando conhecimentos

6.
- CH_4: $4 \cdot (+1) + a = 0 \Rightarrow a = -4$
- CO_2: $2 \cdot (-2) + b = 0 \Rightarrow b = +4$ (maior resultado)
- CH_2O: $2 \cdot (+1) + (-2) + c = 0 \Rightarrow c = 0$
- CH_3OH: $4 \cdot (+1) + (-2) + d = 0 \Rightarrow d = -2$
- HCO_2H: $2 \cdot (+1) + 2 \cdot (-2) + e = 0 \Rightarrow e = +2$

7. O carbono é reduzido de +4 (no CO_2) para zero (no $C_6H_{12}O_6$). O enxofre é oxidado de −2 (no H_2S) para zero (no S). Os demais elementos químicos mantêm seu número de oxidação.

8. Alternativa E. Analisando as fórmulas das espécies químicas do esquema, concluímos que o número de oxidação do elemento nitrogênio é: zero em N_2; −3 em NH_3; −3 em NH_4^+; +3 em NO_2^-; e +5 em NO_3^-. A espécie de nitrogênio mais oxidada é o íon nitrato, NO_3^-, e, portanto, a reação de redução mencionada é **V**, na qual NO_3^- é reduzido a N_2.

9. O número de oxidação do elemento químico potássio não se altera: é +1 no KNO_3 e no K_2SO_4. O número de oxidação do elemento químico oxigênio também não se altera: é −2 no reagente KNO_3 e nos produtos K_2SO_4 e CO_2. O número de oxidação dos outros três elementos químicos se altera:
- nitrogênio: **redução** de +5 (no KNO_3) para zero (no N_2);
- enxofre: **oxidação** de zero (no S) para +6 (no K_2SO_4);
- carbono: **oxidação** de zero (no C) para +4 (no CO_2).

10. Não é uma reação de oxirredução, pois nenhum dos elementos químicos apresenta alteração de número de oxidação: Ca: +2; C: +4: O: −2; H: +1; Cl: −1.

11. **a)** $C_6H_{12}O_6 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 24H^+ + 24e^-$
$N_2 + 8H^+ + 6e^- \rightarrow 2NH_4^+$
Multiplicando a segunda equação por 4 e somando as duas:
$C_6H_{12}O_6 + 4N_2 + 6H_2O + 8H^+ \rightarrow 6CO_2 + 8NH_4^+$

b) Elemento químico carbono (C): oxidado de zero para +4.
Elemento químico nitrogênio (N): reduzido de zero para −3.

c) A glicose ($C_6H_{12}O_6$) é o redutor, pois contém o elemento químico que se oxida (C). O gás nitrogênio (N_2) é o oxidante, pois é constituído do elemento químico que se reduz (N).

12. **a)** O número de oxidação do carbono será mínimo (−4) quando seu átomo estabelecer todas as ligações possíveis com átomos de elementos químicos menos eletronegativos do que o carbono, como em CH_4, e será máximo (+4) quando seu átomo estabelecer todas as ligações possíveis com átomos mais eletronegativos, como em CO_2 ou CF_4.

b) O número de oxidação do nitrogênio será mínimo (−3), por exemplo, em NH_3, e máximo (+5), por exemplo, em N_2O_5. Já o número de oxidação do enxofre será mínimo (−2), por exemplo, em H_2S, e máximo (+6), por exemplo, em SO_3.

Atividade prática – Tinta invisível

Nesse experimento, o suco de limão é a "tinta invisível", e a solução contendo iodo (I_2) atua como "revelador" da escrita. Quando essa solução é aplicada ao papel, o I_2 interage com fragmentos de alguns polissacarídios existentes no papel, produzindo um complexo de coloração violeta ou azul. Por isso, em todos os locais da folha onde não se aplicou suco de limão, aparecerá essa coloração. O que os estudantes precisam deduzir, a partir das informações recebidas, é por que os locais em que se escreveu com suco de limão não mudam de cor.

A expectativa é a de que, direcionados pelos questionamentos, eles concluam que: (1) é necessário um agente redutor para transformar I_2 em I^-; (2) a equação da semirreação é: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$; (3) o agente redutor é o ácido ascórbico (vitamina C), que se oxida conforme a equação fornecida; e (4) a equação global do processo pode ser obtida somando as equações das duas semirreações, conduzindo a $I_2 + C_6H_8O_6 \rightarrow 2I^- + C_6H_6O_6 + 2H^+$.

Assim, onde se escreveu com o suco do limão, não restará iodo, e, portanto, não aparecerá a coloração violeta ou azul, o que permite visualizar o que foi escrito.

Em destaque – Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Os textos da coletânea informam sobre a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), um parâmetro importante para avaliar a quantidade de material orgânico em mistura com a água.

1. Quanto maior o valor da DBO, maior é a concentração de material orgânico a ser oxidado e, no quesito oxigenação (concentração de O_2 dissolvido), pior é a qualidade da água. Como a DBO dos rios *A* e *B* é menor do que a solubilidade do gás oxigênio na água (que, segundo o último texto, é de 9 mg/L, a 20 °C), existe O_2 dissolvido para a manutenção da vida dos peixes (o rio *A* apresenta melhores condições de oxigenação da água). No rio *C*, a DBO é maior que a solubilidade do gás oxigênio na água, inviabilizando a sobrevivência de peixes.

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes incluam na produção a explicação sobre o aumento da DBO da água poluída por material orgânico e suas consequências ao ambiente aquático. Após a realização das atividades, peça aos grupos para que compartilhem os vídeos produzidos, a fim de informar a comunidade sobre o tema.

3. Oxidação: $SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$
Redução: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$
Multiplicando a primeira por 2 e somando-a com segunda:
$2SO_3^{2-} + O_2 \rightarrow 2SO_4^{2-}$
A quantidade de água produzida na semirreação de redução é igual à que reage na semirreação de oxidação. Do ponto de vista estequiométrico, não há formação efetiva de água.

4. $C_6H_6 + 12H_2O \rightarrow 6CO_2 + 30H^+ + 30e^-$
O número de oxidação do carbono é -1 no C_6H_6 e $+4$ no CO_2. A variação (5) multiplicada pelo número de átomos do elemento químico carbono na molécula de benzeno (6) resulta $\Delta = 5 \cdot 6 = 30$, compatível com o número de elétrons que consta na equação da semirreação (30).

5. Em princípio, essas bactérias poderiam ser espalhadas pelo solo para atuar na oxidação do benzeno e remediar o problema. No entanto, antes de essa utilização das bactérias ser aprovada para uso, são necessários estudos para verificar se esses microrganismos não acarretarão outros problemas ambientais.

Aplicando conhecimentos

13. Como o $E^\ominus(Cu^{2+}/Cu^0)$ é maior que o $E^\ominus(Fe^{2+}/Fe^0)$, os íons cobre(II) reagem espontaneamente com o ferro metálico:
$Cu^{2+}(aq) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$.
Uma solução aquosa de nitrato de cobre(II) não pode ser guardada em recipiente de ferro metálico porque reage com ele.

14. a) A tendência de uma espécie atuar como agente oxidante (força oxidante, ou caráter oxidante) é tanto maior quanto maior for a tendência de ela se reduzir e, nas condições-padrão e a 25 °C, aumenta na mesma ordem de $E^\ominus$. Portanto, a ordem crescente de força oxidante é: $I_2 < Br_2 < Cl_2 < F_2$.
b) A força redutora de uma espécie química é tanto maior quanto maior for a tendência de ela se oxidar. No caso, a ordem crescente de força redutora é: $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$.

15. a) A força oxidante cresce com a tendência de a espécie química se reduzir; portanto, aumenta quando $E^\ominus$ aumenta. Assim, o íon $Au^{3+}(aq)$ é o melhor oxidante da série.
b) A tendência de o metal se oxidar cresce inversamente à tendência de o seu cátion se reduzir. Assim, a ordem solicitada é: $Au(s) < Ag(s) < Cu(s) < Pb(s) < Fe(s) < Zn(s) < Mg(s)$.
c) O melhor redutor é o magnésio metálico, Mg (s), pois, dos metais citados, é aquele com maior tendência a se oxidar.
d) Se o metal reage com $H^+(aq)$ da solução aquosa de HCl, isso significa que o elemento hidrogênio se reduz de $H^+(aq)$ a $H_2(g)$ e que o metal se oxida de substância simples para cátion. Assim, os metais com tendência maior que o hidrogênio a se oxidar são chumbo, ferro, zinco e magnésio.
e) Cobre, prata e ouro, pois não reagem com íons $H^+(aq)$.

16. a) Nas condições-padrão e a 25 °C, íons NO_3^-, em meio ácido, têm maior tendência a se reduzir ($E^\ominus = +0{,}96$ V) que Cu^{2+} ($E^\ominus = +0{,}34$), mas não maior que Au^{3+} ($E^\ominus = +1{,}50$ V). Assim, quando ácido nítrico e cobre são misturados, nas condições mencionadas, as semirreações são assim equacionadas:
$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$
Portanto, o cobre metálico é oxidado a íons cobre(II) pelo ácido nítrico, mas o ouro não reage com esse ácido.
b) A proporcionalidade envolvida é 0,600 g : 100%, assim como 0,450 g : *p*. Resolvendo, obtemos $p = 75{,}0\%$.

17. a) A formação da ferrugem requer a presença de água e de oxigênio molecular, O_2, esteja este gasoso ou aquoso.
Tubo **A**: pode se formar ferrugem, pois o ferro está imerso em água que contém gás oxigênio do ar dissolvido.
Tubo **B**: não deve se formar ferrugem, porque a água está isenta de gás oxigênio dissolvido, e a camada de óleo impede a dissolução de gás oxigênio proveniente do ar.
Tubo **C**: não deve se formar ferrugem, pois, ainda que o ar contenha umidade, a camada de vaselina impede o contato do ferro metálico com o ar e a água.
Tubo **D**: não deve se formar ferrugem, pois o agente secante remove a umidade inicial eventualmente presente no tubo, e a rolha impede a entrada de umidade vinda do ar.
Tubo **E**: a areia úmida manterá o algodão molhado. Pode se formar ferrugem, pois o ferro metálico está em contato com gás oxigênio e com água.
b) $Fe(s) + 3H_2O(l) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3H^+(aq) + 3e^-$
c) Sim, é compatível: o número de oxidação do ferro aumenta de zero para +3 (oxidação, $\Delta = 3$), e, na semirreação, constam 3 elétrons perdidos para cada átomo de ferro oxidado.

Atividades finais

1. Alternativa E. Sódio: oxida-se de zero para +1. Carbono que vai de CO_2 a C: reduz-se de +4 para zero.

2. Alternativa E. **I**: O número de oxidação do urânio se modifica de +6 para +4, e o do hidrogênio, de zero para +1; **II**: Não há alteração de números de oxidação; **III**: O número de oxidação do urânio se altera de +4 para +6, e o do flúor, de zero para −1.

3. Alternativa D. Números de oxidação: Fe: +2; Cu: +1; Cr: +3; Mn: +7. O número de oxidação do manganês é o mais elevado e, portanto, o $KMnO_4$ é o melhor agente oxidante.

4. Alternativa C. Para impedir que o cobre metálico (que tem número de oxidação zero) se oxide a íons cobre(II), presentes no zinabre, é necessário o contato com um metal que se oxide mais facilmente que ele, ou seja, que apresente menor potencial de semicela (menor potencial de redução).

5. Alternativa A. A liberação de $H_2(g)$ mencionada deve-se à ocorrência da primeira semirreação do quadro. Como se trata de uma redução, é necessária a ocorrência simultânea de uma oxidação, que será uma das outras semirreações do quadro, invertida: as duas últimas têm $E^{\ominus}$ inferior a −0,83 V. Portanto, a outra espécie presente pode ser Al ou Fe (não pode ser $Fe(OH)_2$). Com isso, somente a alternativa A está correta.

6. Alternativa E. Na transformação de O_2 em OH^-, há redução do elemento químico oxigênio (de zero para −2). Já na transformação de Zn^0 em $Zn(OH)_4^{2-}$, acontece oxidação do elemento químico zinco (de zero para +2). Como ânodo é a semicela em que ocorre oxidação, a espécie química formada no ânodo é $Zn(OH)_4^{2-}$.

Referências suplementares

CARVALHO, L. C.; LUPETTI, K. O.; FATIBELLO-FILHO, O. Um estudo sobre a oxidação enzimática e a prevenção do escurecimento de frutas no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, p. 48-50, 2005.

Artigo que propõe experimento didático para observar o escurecimento de frutas e a prevenção da oxidação enzimática na presença de alguns agentes inibidores, como o ácido ascórbico.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 22, p. 10-16, 2005.

Artigo que discute a importância do oxigênio dissolvido no meio aquático, sua atuação como agente oxidante, os fatores que afetam sua solubilidade, o balanço de oxigênio dissolvido nos sistemas aquáticos e suas variações com a profundidade.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Livro universitário que discute os aspectos químicos dos fenômenos ambientais. Inclui discussão sobre DBO e poluentes orgânicos oxidáveis em ambientes aquáticos.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 19, p. 11-14, 2004.

Os autores abordam os principais aspectos da corrosão, não apenas em materiais metálicos, e alguns métodos de prevenção.

PALMA, M. H. C.; TIERA, V. A. O. Oxidação de metais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 18, p. 52-54, 2003.

Artigo que descreve experimento simples para ilustrar a oxidação de metais, permitindo comparar as diferentes tendências à oxidação de alguns diferentes metais presentes no cotidiano.

SANJUAN, M. E. C. *et al*. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.

Artigo que aborda a construção e a implementação de uma unidade didática sobre eletroquímica, empregando, como tema gerador, o fenômeno da maresia.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **2** a **5**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade prática* e nas propostas da seção *Em destaque*.

Capítulo 19 Eletrólise

Objetivos do capítulo

- Compreender o conceito de eletrólise.
- Diferenciar os processos de eletrólise ígnea e aquosa.
- Equacionar as semirreações e a reação global de processos eletrolíticos.
- Reconhecer a importância dos processos eletrolíticos e algumas das suas aplicações.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo menciona a utilização de gás hidrogênio em automóveis movidos a células a combustível. Verifique se os estudantes têm desenvoltura para equacionar a reação que ocorre nesses dispositivos ($2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l)$), se eles percebem que a reação química global apresenta apenas água como produto e se compreendem que veículos movidos a hidrogênio não emitem gases poluentes como aqueles emitidos no caso de motores de combustão interna.

Utilize a equação global mencionada e compare-a com a de algumas reações que ocorrem em motores de combustão interna, como a combustão do octano (C_8H_{18}, componente da gasolina), a combustão do enxofre (impureza de derivados de petróleo), que produz o poluente SO_2, e a reação entre N_2 e O_2, devido à elevada temperatura e/ou às faíscas da vela, que produz o poluente NO, subsequentemente oxidado pelo gás oxigênio a outro poluente, o NO_2. Assim, os estudantes terão subsídios para inferir as vantagens ambientais das células a combustível.

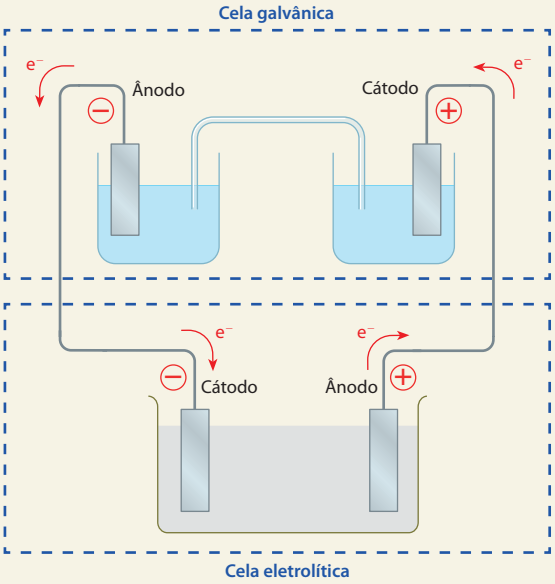
A abertura também menciona a produção de gás hidrogênio por eletrólise da água, que é apenas uma das maneiras de produzir gás hidrogênio em grande escala. Apresente a equação da reação global de eletrólise da água,

$$2\,H_2O(l) \rightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g),$$

e explore o fato de que essa equação, no sentido inverso, corresponde à reação global da célula a combustível de gás hidrogênio. Como os estudantes já sabem que a reação de $H_2(g)$ com $O_2(g)$ para formar $H_2O(l)$ é uma reação espontânea, têm condições de compreender que o processo inverso, a eletrólise da água, não é espontâneo. Assim, nesse momento introdutório, destaque que, diferentemente das reações que ocorrem em pilhas e baterias, as reações envolvidas na eletrólise não são espontâneas e precisam da utilização de um gerador externo (de corrente contínua) para acontecer.

A partir disso, desenvolva o capítulo, apresentando inicialmente a distinção entre os processos de eletrólise ígnea e eletrólise aquosa (item 1). A seguir, aborde o equacionamento desses fenômenos (itens 2 e 3), entremeando com a realização das atividades do *Aplicando conhecimentos*.

Um aspecto que costuma gerar muitas dúvidas é sobre a polaridade dos eletrodos da cela eletrolítica. A esse respeito, você pode explicar aos estudantes que (considerando que a resistência elétrica dos fios empregados na montagem seja nula) o eletrodo de platina conectado ao polo positivo do gerador está no mesmo potencial elétrico que ele (ou seja, é apenas uma extensão elétrica desse terminal) e, por isso, é o polo positivo da eletrólise. Analogamente, o eletrodo de platina ligado ao polo negativo do gerador está no mesmo potencial elétrico que ele e, portanto, é o polo negativo da cela eletrolítica. Assim, salienta que **a polaridade dos eletrodos da eletrólise é determinada pelos terminais do gerador ao qual estão conectados**. Em seguida, a título de comparação entre os fenômenos de pilha e de eletrólise, você pode apresentar aos estudantes o desenho esquemático a seguir, ajudando-os a interpretá-lo.



ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: ATKINS, P. *et al*. **Chemical principles**: the quest for insight. 8. ed. Nova York: Macmillan, 2023. p. 589, 590, 620.

Esquema comparativo de cela galvânica e cela eletrolítica. (Fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A interpretação do esquema será facilitada por três considerações que decorrem do que foi estudado: (1) o sinal de cada eletrodo da eletrólise é determinado pelo terminal do gerador ao qual está conectado; (2) elétrons partem de eletrodos nos quais acontece oxidação (perda de elétrons); (3) elétrons chegam a eletrodos nos quais ocorre redução (recebimento de elétrons).

Nessa comparação, relembre que, em uma pilha, o ânodo é o polo negativo (oxidação, perda de elétrons), e o cátodo é o polo positivo (redução, recebimento de elétrons). A seguir, enfatize que, em uma cela eletrolítica, o gerador externo fornece elétrons para ocorrência da redução no cátodo, que é considerado o eletrodo negativo, e remove elétrons do ânodo, que é considerado o polo positivo. O mapa conceitual a seguir pode ser construído em sala, com a participação dos estudantes, para auxiliá-los na organização das ideias envolvidas.

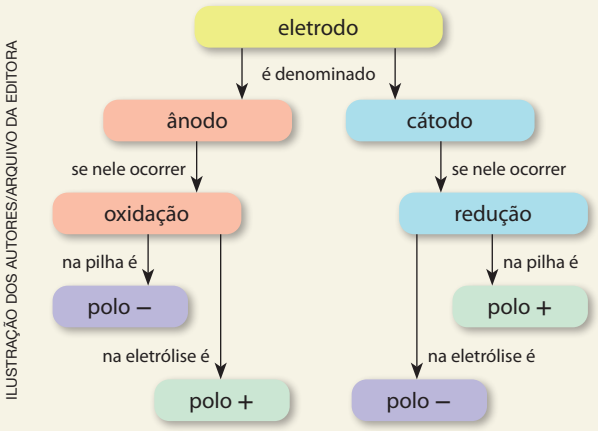


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES/ARQUIVO DA EDITORA

Fonte: elaborado pelos autores.

Um mapa conceitual possível para organizar a nomenclatura dos eletrodos em processos eletroquímicos.

Uma vez estabelecida essa análise comparativa e realizadas as atividades 1 a 8 das seções *Aplicando conhecimentos*, desenvolva o restante do capítulo (itens 4 e 5), que discute algumas aplicações da eletrólise e propõe, na *Atividade em grupo* do item 5, uma atenção aos impactos socioambientais da mineração.

Por dentro da BNCC

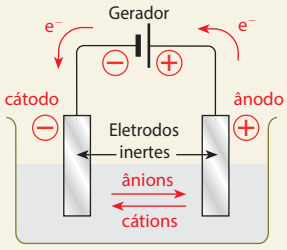
Pelas temáticas abordadas e pelas atividades propostas neste capítulo, é propiciado o desenvolvimento das **competências gerais 7** e **9** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT106**, **EM13CNT107**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, **EM13CNT206**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308** e **EM13CHS302**.

O capítulo também aborda temáticas pertinentes a dois **TCT** – **Educação Ambiental** (da macroárea **Meio Ambiente**) e **Saúde** (da macroárea de mesmo nome) – e aos **ODS 3 e 15**.

Resoluções e comentários

Aplicando conhecimentos

1.



(Representação esquemática, fora de escala; cores meramente ilustrativas.)

ADILSON SECCO/ARQUIVO DA EDITORA

2. Semirreação de redução: $K^+ + e^- \rightarrow K^0$.
Semirreação de oxidação: $2\,F^- \rightarrow F_2 + 2\,e^-$.
Multiplicando a equação da semirreação de redução por 2, e somando as duas, obtemos:
$2\,K^+ + 2\,F^- \rightarrow 2\,K^0 + F_2$.

3. **a)** No cátodo, ocorre redução e, portanto, é produzido alumínio metálico (Al^0). No ânodo, ocorre oxidação e, portanto, é produzido gás oxigênio (O_2).

b) Semirreação de redução: $Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al^0$.
Semirreação de oxidação: $2\,O^{2-} \rightarrow O_2 + 4\,e^-$.

4. Semirreação catódica (redução): $Ra^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Ra^0$.
Semirreação anódica (oxidação): $2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$.

5. **a)** Eletrólise aquosa do cloreto de estanho:

$$\begin{array}{r} Sn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightarrow Sn(s) \\ 2\,Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2\,e^- \\ \hline Sn^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq) \rightarrow Sn(s) + Cl_2(g) \end{array} \quad (+)$$

Eletrólise aquosa do nitrato de prata:

$$\begin{array}{r} 4\,Ag^+(aq) + 4\,e^- \rightarrow 4\,Ag(s) \\ 2\,H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- \\ \hline 4\,Ag^+(aq) + 2\,H_2O(l) \rightarrow 4\,Ag(s) + O_2(g) + 4\,H^+(aq) \end{array} \quad (+)$$

Eletrólise aquosa do iodeto de potássio:

$$\begin{array}{r} 2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq) \\ 2\,I^-(aq) \rightarrow I_2(s) + 2\,e^- \\ \hline 2\,H_2O(l) + 2\,I^-(aq) \rightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq) + I_2(s) \end{array} \quad (+)$$

Eletrólise aquosa do sulfato de sódio:

$$\begin{array}{r} 4\,H_2O(l) + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2(g) + 4\,OH^-(aq) \\ 2\,H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- \\ \hline 2\,H_2O(l) \rightarrow 2\,H_2(g) + O_2(g) \end{array} \quad (+)$$

b) $SnCl_2$: redução do elemento químico estanho (Sn) e oxidação do elemento químico cloro (Cl).

$AgNO_3$: redução do elemento químico prata (Ag) e oxidação do elemento químico oxigênio (O).

KI: redução do elemento químico hidrogênio (H) e oxidação do elemento químico iodo (I).

Na_2SO_4: redução do elemento químico hidrogênio (H) e oxidação do elemento químico oxigênio (O).

6. Como os íons Cu^{2+} e os ânions não oxigenados (exceto F^-) têm tendência maior do que a água para reagir na eletrólise aquosa, ocorrerá eletrólise da água apenas nas soluções de hidróxido de sódio (NaOH), ácido sulfúrico (H_2SO_4) e nitrato de potássio (KNO_3).
7. A eletrólise deve ser ígnea porque os íons Na^+, K^+, Mg^{2+} e Al^{3+} apresentam tendência menor que a da água para serem reduzidos no cátodo. Assim, não pode existir água presente na eletrólise, que, portanto, deve ser ígnea.
8. **a)** Gás cloro; $2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$.
   b) Gás hidrogênio; $2\,H_2O + 2\,e^- \rightarrow H_2 + 2\,OH^-$.
   c) O cloreto de hidrogênio (HCl), produzido na reação assim equacionada: $H_2\,(g) + Cl_2\,(g) \rightarrow 2\,HCl\,(g)$.
   d) O hidróxido de sódio, NaOH.

Atividade em grupo – item 5

A atividade propõe que os estudantes pesquisem sobre os problemas acarretados pela mineração e as práticas que deveriam ser executadas para impedir ou minimizar impactos no ambiente e na sociedade. Incentive-os a incluir, nesse trabalho, os desastres que ocorreram em Mariana (MG), em 2015, e em Brumadinho (MG), em 2019, mostrando suas causas e consequências. Adicionalmente, oriente-os a pesquisar sobre o uso de mercúrio na mineração do ouro e sobre a drenagem ácida de minas (frequente em minas de carvão mineral ou onde se exploram minérios do tipo sulfeto), temas que estão associados a sérios impactos ambientais sobre os corpos d'água, o solo e a saúde humana.

Os cartazes produzidos podem ser afixados em sala de aula para estimular uma discussão sobre as soluções propostas pelos grupos, levando em consideração sua eficiência e sua viabilidade financeira e tecnológica. A atividade pode ser desenvolvida em conjunto com o docente de Geografia, a fim de analisar não apenas aspectos ecológicos e danos ambientais, mas os reflexos socioeconômicos para as populações atingidas.

Atividades finais

1. Somando as equações: $CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow N_2 + CO_2 + 3\,H_2$.
   A proporção massa de ureia : volume de urina é de 20 g : 1 L, assim como x : $1{,}0 \cdot 10^4$ L, o que conduz a $x = 2{,}0 \cdot 10^5$ g.
   A proporção estequiométrica $CO(NH_2)_2 : H_2$ é 1 mol : 3 mol. Expressando-a em massa, temos 60 g : 6 g, da mesma maneira que $2{,}0 \cdot 10^5$ g : y, o que resulta em $2{,}0 \cdot 10^4$ g (de ureia).
   Finalmente, usamos a proporção entre a massa de H_2 e a distância percorrida, que é 100 g : 1 km, assim como $2{,}0 \cdot 10^4$ g : z.
   Resolvendo, obtemos a distância percorrida de $z = 200$ km.
2. **a)** $Al^{3+} + 3\,e^- \rightarrow Al^0$
   b) O gás oxigênio produzido no ânodo reage com o carbono grafite, formando dióxido de carbono. Assim, o eletrodo não é inerte e precisa ser reposto periodicamente.
   c) A obtenção de alumínio metálico a partir da bauxita consome grande quantidade de energia elétrica para a eletrólise (parte dessa energia é dissipada como calor e mantém o meio eletrolítico fundido). Já a reciclagem consome menos energia porque o alumínio já se encontra como substância simples e precisa apenas ser fundido.
3. Alternativa C. O fragmento do romance relata o uso de eletrólise para realizar a decomposição da água nas substâncias simples gás hidrogênio e gás oxigênio. Dos processos relacionados nas alternativas, o único que emprega eletrólise é a obtenção de alumínio a partir da bauxita.
4. Alternativa A. Na obtenção do alumínio, a partir do Al_2O_3, por meio de eletrólise, o elemento químico alumínio se reduz no cátodo e, simultaneamente, o elemento químico oxigênio se oxida no ânodo. Em seguida, o gás oxigênio produzido no ânodo reage com o eletrodo de grafite, produzindo CO_2.

Referências suplementares

ELETRÓLISE de solução de iodeto de potássio. **Gepeq**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://gepeqiqusp.wixsite.com/gepeq/eletrlise-de-uma-soluo-de-iodeto-de-potssio. Acesso em: 26 out. 2024.

Vídeo da eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Educação Química do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP).

MORAIS, C. A. *et al*. Processos físicos e químicos utilizados na indústria mineral. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 8, p. 9-17, 2014.

Descreve a obtenção de metais a partir de diversos minérios, explicando as técnicas comumente utilizadas pelas indústrias de mineração e metalurgia.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **4**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade em grupo*.

Capítulo 20 Classes funcionais orgânicas

Objetivos do capítulo

- Compreender os conceitos de classe funcional e grupo funcional.
- Identificar a classe funcional a que pertence um composto ao analisar sua fórmula estrutural.
- Reconhecer os efeitos do etanol no organismo humano e os problemas causados pela dependência dessa substância.

Sugestões didáticas e comentários

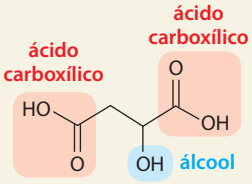
Este capítulo possibilitará aos estudantes compreender aspectos referentes às representações de substâncias orgânicas e de suas classes funcionais, propiciando autonomia na busca e na interpretação de informações e na consequente transformação delas em conhecimento. Antes de iniciá-lo, avalie a conveniência de fazer com os estudantes uma revisão do Capítulo 5.

A abordagem deste capítulo vai ao encontro de uma das metas do estudo de Ciências da Natureza no Ensino Médio, que é capacitar os estudantes a buscar e compreender informações científicas e tecnológicas relevantes. No dizer da BNCC, é "fundamental a apropriação, por parte dos estudantes, de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias", e aprender "tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo cidadão" (BNCC, 2018, p. 551). Além disso, a escolarização deve possibilitar aos estudantes "conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos" (BNCC, 2018, p. 467).

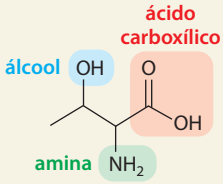
Nos itens 1 a 6, o capítulo aborda de modo específico algumas classes funcionais (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres), de modo a favorecer a percepção pelos estudantes de que a divisão taxonômica das substâncias orgânicas favorece o seu estudo e a compreensão de algumas de suas propriedades. No item 7, é feita a generalização dos conceitos de classe funcional e de grupo funcional, bem como a apresentação de um quadro com os principais exemplos de interesse para o presente estudo.

Aproveitando o tema tratado, a seção *Estratégia de estudo* explica a técnica da elaboração e da utilização de *flashcards*, que é bastante útil em contextos de aprendizado nos quais a compreensão se faz acompanhar da necessidade de algum grau de memorização.

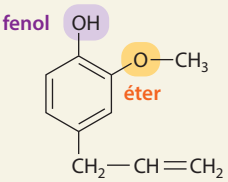
Para ilustrar compostos que pertencem a duas ou mais classes funcionais (além do gingerol e da capsaicina, apresentados no Livro do Estudante), você pode usar os seguintes exemplos.



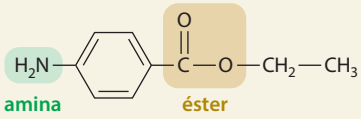
ácido málico
(existente na maçã)



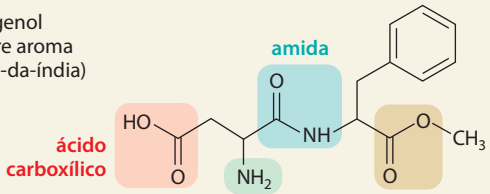
treonina
(um aminoácido)



eugenol
(confere aroma
ao cravo-da-índia)



benzocaína
(anestésico local)



aspartame (adoçante artificial)

Por dentro da BNCC

Em função das temáticas abordadas e das atividades propostas, este capítulo propicia o desenvolvimento da **competência geral 8** e das habilidades **EM13CNT201**, **EM13CNT207**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CO08**, **EM13CHS503** e **EM13CHS504**.

Neste capítulo, são também abordadas temáticas relacionadas aos **TCT**: **Saúde** (macroárea de mesmo nome), **Educação para o Trânsito** e **Vida Familiar e Social** (ambos da macroárea **Cidadania e Civismo**) e **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome). Os **ODS 3** e **4** também permeiam assuntos tratados no capítulo.

Resoluções e comentários

Aplicando conhecimentos

1. **A** $H_2C=CH-CH_3$

B $HC\equiv C-CH_3$

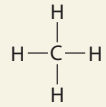
C $H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

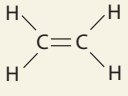
D $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

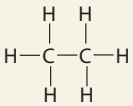
E $H_3C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$

F $H_2C=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-CH_3$

2.

CH_4 (metano) ou 

$H_2C=CH_2$ (eteno) ou 

H_3C-CH_3 (etano) ou 

$HC\equiv CH$ (etino) ou $H-C\equiv C-H$

3. A diferença está no infixo **an**, que indica apenas ligações simples entre os átomos de carbono no propano, no infixo **en**, que indica uma ligação dupla entre dois átomos de carbono no propeno, e no infixo **in**, que indica uma ligação tripla entre dois átomos de carbono no propino:

$H_3C-CH_2-CH_3$ propano; $H_2C=CH-CH_3$ propeno; $HC\equiv C-CH_3$ propino

4. **a)** Nos casos mencionados, a numeração dos átomos de carbono tem início na extremidade mais próxima à insaturação, como mostrado no exemplo a seguir.

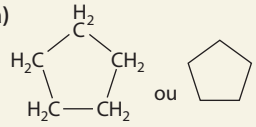
$\overset{1}{H_2C}=\overset{2}{CH}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$ but-1-eno

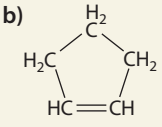
Assim, os nomes but-3-eno e but-4-eno são incorretos porque não respeitam esse preceito referente à numeração.

b) $\overset{1}{H_3C}-\overset{2}{CH}=\overset{3}{CH}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$ pent-2-eno

5. $\overset{1}{HC}\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_3}$ but-1-ino

$\overset{1}{H_3C}-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{CH_3}$ but-2-ino

6. **a)**  ou

b)  ou

7. **A** $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ pentano

B $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ heptano

C $H_3C-CH=CH_2$ propeno

D $H_3C-CH_2-CH=CH_2$ but-1-eno

E $H_3C-CH_2-CH_2-C\equiv CH$ pent-1-ino

F $H_3C-CH_2-C\equiv C-CH_3$ pent-2-ino

Atividade em grupo – item 2

O etanol é uma droga que interfere nas sinapses do córtex cerebral, podendo causar desorientação, diminuição de reflexos, perda da coordenação motora e redução da capacidade de avaliar situações. Dependendo da quantidade de etanol ingerida, o fígado fica sobrecarregado, a pessoa sente náuseas, tonturas, vômito e pode necessitar de atendimento médico. Esses problemas referem-se à intoxicação aguda por etanol, aquela que se manifesta logo após a ingestão, em um intervalo de minutos ou horas. O etanol é um depressor do sistema nervoso e o aumento da sua concentração no sangue, em episódios de intoxicação aguda, leva ao comprometimento de atividades vitais, podendo até causar morte. Entre os sérios problemas associados à intoxicação aguda estão os **episódios de violência** – entre eles, de violência familiar, sobretudo contra mulheres e crianças – e os **acidentes de trânsito** provocados por pessoas alcoolizadas.

Aproveite a Figura 6 do capítulo (cartaz da campanha Maio Amarelo) para incentivar os estudantes a pesquisar dados atualizados (da localidade e do país) a respeito de acidentes de trânsito causados por condutores embriagados e as consequências para as vítimas. Com base nos dados obtidos, solicite aos grupos que proponham medidas que possam contribuir para a **Educação para o trânsito** e para impedir que pessoas dirijam sob efeito do etanol.

Ainda a respeito dos efeitos fisiológicos das bebidas alcoólicas, é importante que os estudantes compreendam que, em adição aos malefícios associados a episódios de intoxicação aguda, o consumo recorrente de etanol pode desencadear problemas crônicos, alguns dos quais são mencionados no esquema da Figura 7 do capítulo. A atividade envolve, portanto, aspectos referentes à intoxicação aguda e também do consumo a médio e longo prazos, bem como uma variada gama de **consequências individuais, familiares e sociais**.

Para o desenvolvimento da atividade proposta, oriente os estudantes para que façam um roteiro para a gravação do vídeo e planejem uma produção com linguagem clara e objetiva. Saliente que o produto final, além de abordar os malefícios do consumo de etanol, deve apresentar **propostas** para **conscientização** e indicar instituições sérias que auxiliam dependentes.

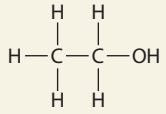
Os vídeos podem ser apresentados para a turma e para toda a comunidade escolar, podendo assim atingir grande número de pessoas e estimular o diálogo sobre o tema. A seu critério, a atividade pode ser ampliada para uma campanha, no âmbito da escola e/ou da comunidade, com cartazes e faixas para divulgar problemas, conscientizar sobre atitudes de enfrentamento e propor mudanças benéficas de mentalidade e de atitude.

Essa atividade potencializa aos estudantes **conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional**. Também os incentiva a **identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas**, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

Aplicando conhecimentos

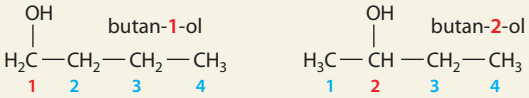
8. **a)** No contexto da Química Orgânica, o termo "álcool" designa um composto orgânico em cuja molécula existe um grupo hidroxila (—OH) ligado a um átomo de carbono saturado (átomo de carbono que estabelece apenas ligações simples).

b) $H_3C—CH_2—OH$ (etanol) ou

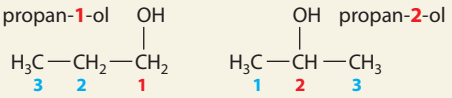


9. **a)** A numeração tem início na extremidade mais próxima ao átomo de carbono ligado ao grupo funcional. Assim, propan-3-ol é um nome incorreto para o propan-1-ol.

b)



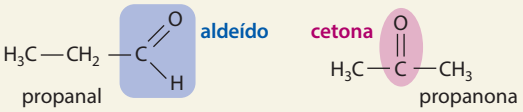
10.



11. A classificação feita pela estudante está correta, pois a molécula de colesterol apresenta um grupo —OH ligado a um carbono saturado, o que caracteriza a classe funcional álcool.

12. Alternativa D. As curvas descrevem como a concentração de etanol no sangue varia em função do tempo, e foram traçadas para representar a tendência descrita por pontos experimentais (representados de quatro maneiras distintas). Então, cada curva se refere a um diferente cenário experimental, descrevendo o aumento da concentração de etanol no sangue e seu decréscimo devido à metabolização (no fígado). Quanto maior for a dose ingerida, mais elevado é o máximo da curva, e mais tempo leva para que a concentração retorne a zero. Portanto, dos títulos sugeridos, o mais adequado é: "Estimativa de tempo necessário para metabolizar diferentes quantidades de álcool".

13. Aldeído apresenta um grupo carbonila (C=O) ligado a pelo menos um átomo de hidrogênio, e cetona apresenta uma carbonila ligada a dois átomos de carbono.



14. **a)** A vitamina A é um álcool, pois apresenta grupo —OH ligado a carbono saturado.

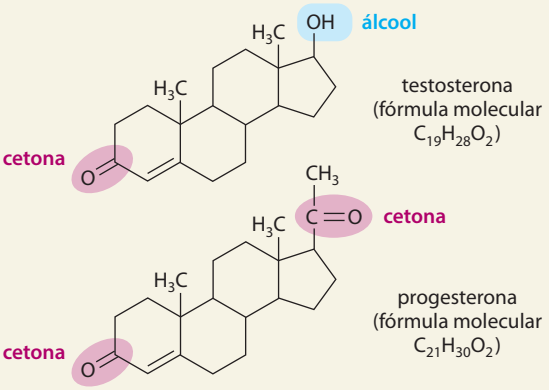
b) O retinal é um aldeído, pois apresenta o grupo —CHO, representação de carbonila (C=O) ligada a hidrogênio.

15. Sim, pois as cetonas têm grupo carbonila (C=O) ligado a dois átomos de carbono e os álcoois apresentam grupo hidroxila (—OH) ligado a um átomo de carbono saturado.

16. A dedução é correta, pois a fórmula molecular da muscona é $C_{16}H_{30}O$ e a fórmula molecular do geraniol é $C_{10}H_{18}O$.

17. **A**, **D** e **E**: classe funcional álcool, pois apresentam hidroxila ligada a um átomo de carbono saturado; **B**, **G**, **H** e **I**: classe funcional aldeído, pois são caracterizados pela presença de um grupo —CHO; **C** e **F**: classe funcional cetona, pois são caracterizados pela presença de um grupo carbonila (C=O) ligado a dois átomos de carbono.

18.



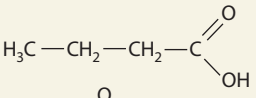
a) Testosterona: álcool e cetona; progesterona: cetona.

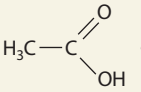
b) A molécula de progesterona apresenta dois átomos do elemento químico carbono a mais.

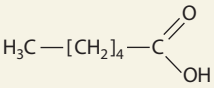
c) A molécula de progesterona apresenta dois átomos do elemento químico hidrogênio a mais.

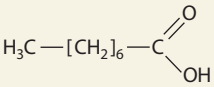
d) Nenhuma das duas moléculas apresenta anel benzênico.

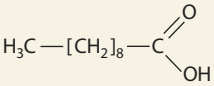
19. Alternativa D. As três estruturas apresentam o grupo funcional característico da classe funcional aldeído (—CHO).

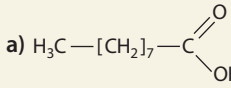
20.  ácido butanoico

21.  ácido etanoico (ou ácido acético)

22.  ácido hexanoico

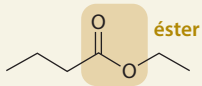
 ácido octanoico

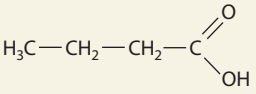
 ácido decanoico

23. **a)**  **b)** $C_9H_{18}O_2$

24. Alternativa E. I é ácido carboxílico; II é álcool; III é éster.

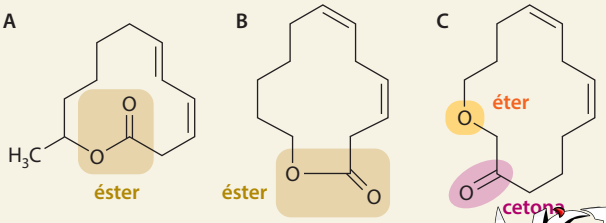
25. Alternativa A.



26.  e $HO—CH_2—CH_3$

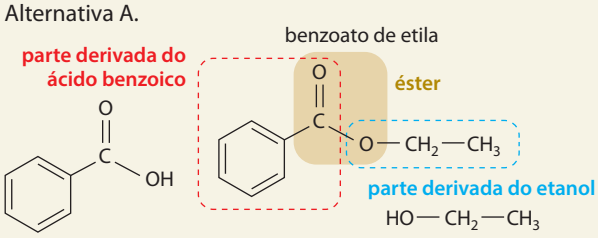
27. Etanoato de metila (ou acetato de metila).

28. Apenas **A** e **B** representam ésteres.



29. Alternativa D. Apenas os compostos **A** e **C** são ésteres.

30. Alternativa A.



Estratégia de estudo – *Flashcards*

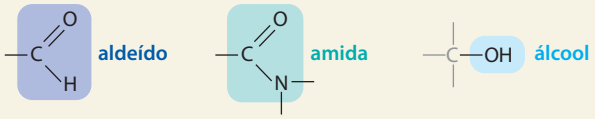
A seção versa sobre a elaboração e a utilização de *flashcards*. Essa confecção já é, por si, uma estratégia de estudo. E o uso repetido desses cartões potencializa o aprendizado em situações de memorização, como a necessidade de conhecer os grupos funcionais das principais classes de compostos orgânicos ou os princípios fundamentais da nomenclatura orgânica sistemática.

Estimule os estudantes a fazerem seus cartões. Proponha uma roda de conversa em que cada um possa mostrá-los aos seus colegas, o que serve de estímulo para que todos se envolvam. Além disso, por meio desse compartilhamento de ideias, as estratégias adotadas pelos estudantes mais criativos poderão fornecer elementos para aumentar o repertório de estudo dos demais. Em turmas numerosas, em vez de fazer uma roda geral, divida os estudantes em grupos para realizar essa troca de experiências.

Dialogando com o texto – item 7

I. **1** e **4**: cetonas; **2** e **10**: éteres; **3** e **8**: ácidos carboxílicos; **5** e **9**: ésteres; **6** e **11**: aminas; **7** e **12**: hidrocarbonetos.

II. Espera-se que os estudantes indiquem que o reconhecimento é feito verificando-se a presença dos grupos funcionais:



Eles também devem apresentar ao menos três exemplos de cada tipo, conforme solicitado, o que é resposta pessoal, mas deve estar de acordo com os grupos funcionais mostrados.

III. Resposta pessoal, que pode envolver as classes funcionais: haleto, fenol, enol, anidrido, nitrocomposto, nitrila, ácido sulfônico, tiol, sulfeto e organometálico.

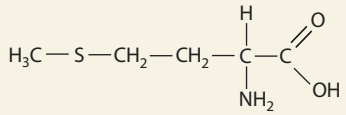
Educação midiática – Viés algorítmico

Na atividade proposta, é provável que as imagens obtidas pelos estudantes ao testar os mecanismos de busca tenham predominância de homens brancos, não representando mulheres e negros na proporção em que deveriam. Aproveite esse resultado para propor uma discussão com a turma; utilize como mote os questionamentos que estão no terceiro parágrafo do texto da seção e pergunte quem já percebeu tendenciosidades de algoritmos, presenciou problemas de acesso a sistemas controlados por identificação facial ou conhece situações que exemplificam as preocupações expostas na seção.

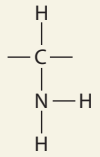
Incentive os estudantes a compartilharem casos que sejam de seu conhecimento (sem citar identidades) e aproveite os relatos para instigá-los a **propor soluções** que poderiam ser implementadas para evitar que tendenciosidades algorítmicas causem problemas às pessoas e à sociedade. A seção e essa discussão oferecem a oportunidade de pensar criticamente sobre construtos computacionais e perceber que mudanças tecnológicas podem afetar o bem-estar e, por isso, requerem permanente atenção dos cidadãos e das autoridades reguladoras.

Aplicando conhecimentos

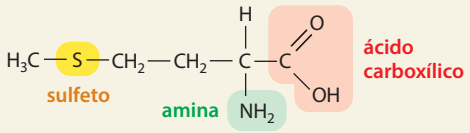
31. A fórmula estrutural apresentada pode ser escrita de uma maneira menos condensada como segue:



a) Considerando que o carbono estabelece quatro ligações, o hidrogênio estabelece uma e o nitrogênio estabelece três, o trecho — $CHNH_2$ — deve ser assim interpretado:



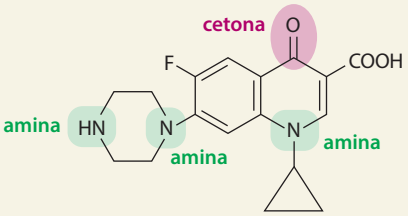
b) Sulfeto orgânico, amina e ácido carboxílico.



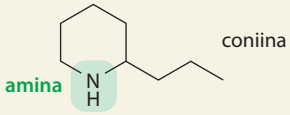
32. **a)** A parte — COOH da fórmula estrutural indica que se trata de um ácido carboxílico.

b) O elemento do grupo 17 da tabela periódica presente na estrutura é o flúor (F). Sua presença caracteriza a classe funcional haleto orgânico.

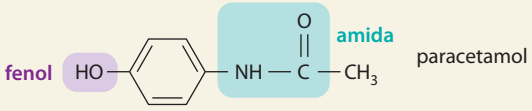
c)



33. Amina, pois tem um átomo de nitrogênio ligado covalentemente a dois átomos de carbono saturados e não apresenta grupo carbonila ligado a esse átomo de nitrogênio.



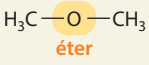
34.



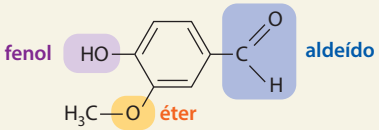
35. Alternativa B. Os grupos funcionais — OH, — NH_2, C=O e — COOH, no contexto em que aparecem, caracterizam respectivamente, álcool, amina, cetona e ácido carboxílico.

36. A substância **A** não é um álcool porque o grupo — OH não está ligado a um carbono saturado. Já a substância **B** é um álcool, pois o grupo — OH está ligado a carbono saturado.

37. A análise do modelo molecular do metoximetano permite elaborar a fórmula estrutural a seguir, na qual se reconhece a presença do grupo funcional éter:



38. A estrutura, deduzida a partir das informações fornecidas, é:



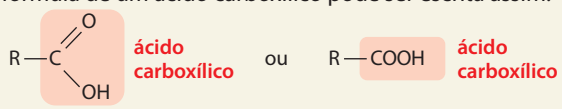
Além de aldeído, a vanilina pertence às classes fenol e éter.

Atividades finais

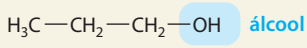
1. O composto químico **A** pertence ao grupo das cetonas, e **B**, não. A substância **B** é um ácido carboxílico.

2. **a)** **A** é aldeído.
b) **B**, **C** e **E** são cetonas, e **D** é álcool.

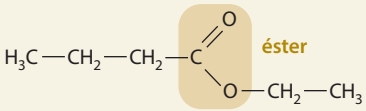
3. Alternativa B. Os ácidos carboxílicos são caracterizados pela presença do grupo funcional carboxila (—COOH). Assim, empregando a letra R para representar o restante da molécula, a fórmula de um ácido carboxílico pode ser escrita assim:



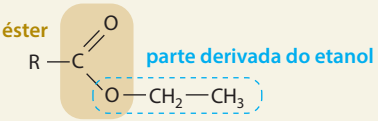
4. Alternativa B.



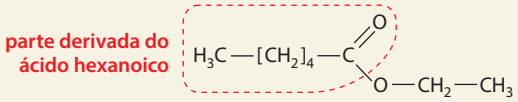
5. Alternativa D.



6. Alternativa C. Os ésteres do etanol têm fórmula estrutural:



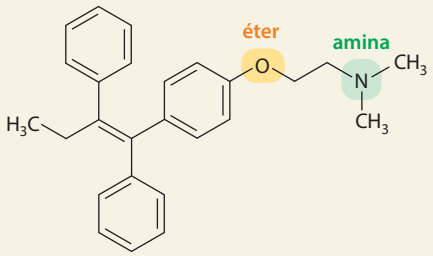
O gráfico informa que o éster presente em maior porcentagem é o $C_8H_{16}O_2$, cuja fórmula estrutural é:



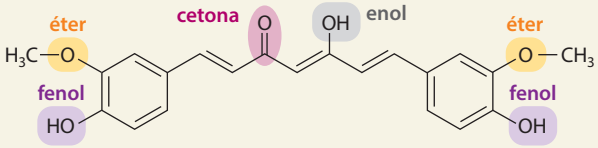
Esse éster é derivado do ácido hexanoico.

7. Alternativa B. Atingido o equilíbrio químico, a concentração do éster deve ser a mesma, com ou sem catalisador (alternativas A e C incorretas). A reação realizada na presença de catalisador produz éster mais rapidamente do que a realizada na ausência dele, e, por isso, a concentração do éster atinge o valor final em menor tempo (alternativa D incorreta). A alternativa B apresenta o gráfico que tem as características comentadas.

8.



9. Alternativa B.



10. Alternativa A. O composto **1** é o único dos apresentados que reúne as características descritas: cadeia poli-insaturada (mais de uma insaturação) e hidroxila (—OH) em carbono terminal.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **6**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação na *Atividade em grupo*.

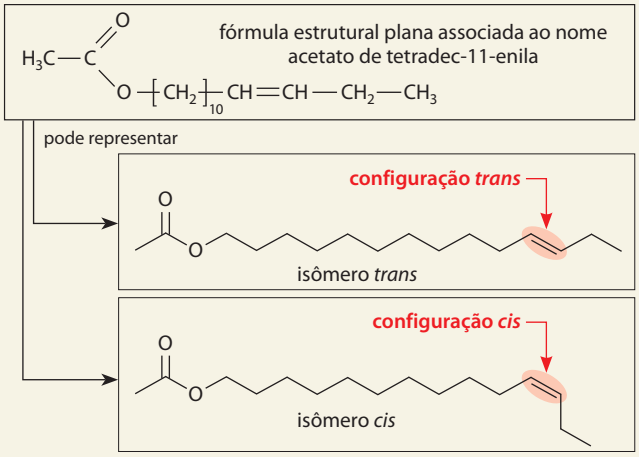
Capítulo 21 Isomeria

Objetivos do capítulo

- Representar os isômeros possíveis a partir de uma determinada fórmula molecular.
- Conhecer as condições necessárias para a ocorrência de isomeria geométrica ou de isomeria óptica.
- Compreender o que é atividade óptica e saber que enantiômeros desviam o plano da luz polarizada em sentidos opostos.
- Ter noção do que é um fármaco quiral.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo apresenta uma situação relacionada à existência de isômeros geométricos. Como, em geral, os estudantes não têm domínio prévio desse conceito, pode ser que não lhes ocorra de imediato que uma mesma fórmula estrutural plana possa representar duas substâncias diferentes, no caso, cada uma atuando como feromônio para uma parte dos membros da espécie da broca europeia do milho, conforme relatado no texto. Peça a eles que levantem hipóteses para explicar como duas substâncias diferentes poderiam apresentar essa mesma fórmula estrutural plana. Oriente-os a registrar essas hipóteses no caderno. Reserve um tempo em seu planejamento para, após a abordagem do item 2 do capítulo, voltar a elas para oportunizar a reformulação e a valorização do conhecimento adquirido. Nessa retomada, verifique se eles perceberam que os dois feromônios em questão são dois isômeros geométricos:



Durante toda a abordagem do conteúdo deste capítulo, o uso de modelos moleculares é bastante recomendado, a fim de que os estudantes percebam a diferença entre os isômeros. Os modelos podem ser construídos com palitinhos de madeira (para representar as ligações covalentes) e bolinhas de massa de modelar (para representar os átomos). Se considerar conveniente, disponibilize esses materiais para a turma e peça aos estudantes que construam modelos moleculares para analisar as estruturas das moléculas apresentadas ao longo do capítulo.

Por dentro da BNCC

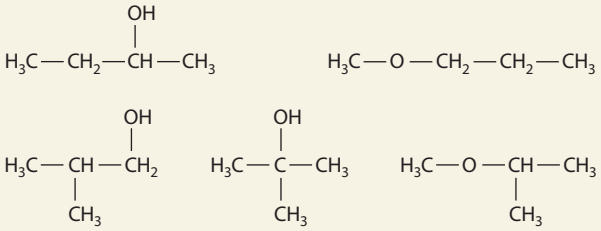
Por conta das temáticas abordadas e das atividades propostas no capítulo, é favorecido o desenvolvimento das **competências gerais 2**, **7** e **8**, da **competência específica 3** e das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT307** e **EM13CHS302**.

Quanto aos **TCT**, o capítulo envolve temas ligados a **Educação Alimentar e Nutricional** (macroárea **Saúde**), **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**), **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome) e **Saúde** (macroárea de mesmo nome).

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

Os outros cinco isômeros constitucionais do butan-1-ol e do éter dietílico, de fórmula molecular $C_4H_{10}O$ (três álcoois e dois éteres), estão representados a seguir.

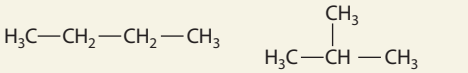


Aplicando conhecimentos

1. O butanoato de etila e o ácido hexanoico são duas substâncias distintas, o que se pode perceber pela análise de suas fórmulas estruturais. Uma diferença facilmente perceptível, por exemplo, é que o butanoato de etila é um éster, enquanto o ácido hexanoico é um ácido carboxílico. Os dois compostos, contudo, apresentam a mesma fórmula molecular, $C_6H_{12}O_2$. Assim, encaixam-se na conceituação de isômeros: substâncias distintas que têm a mesma fórmula molecular.

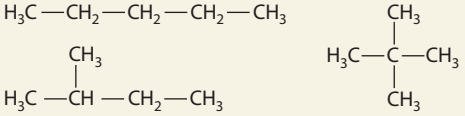
2. **a)** São isômeros, pois são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, C_4H_{10}.
   b) Mesma molécula representada de dois modos distintos.
   c) São isômeros, pois são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, C_3H_6.
   d) São isômeros, pois são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, C_4H_8.
   e) Mesma molécula representada de dois modos distintos.
   f) São isômeros, pois são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, C_3H_7Cl.
   g) Mesma molécula representada de dois modos distintos.
   h) Não são isômeros, pois as fórmulas moleculares são, respectivamente, C_4H_{10} e C_4H_8.
   i) Mesma molécula representada de dois modos distintos.

3. Alternativa A. Há dois compostos com a fórmula C_4H_{10}:

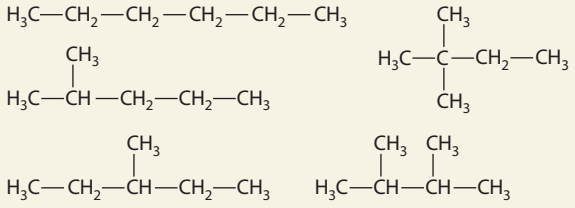


Ajude os estudantes a sistematizar esse tipo de atividade: esboce uma cadeia carbônica aberta com quatro átomos de carbono e ligações simples. Faça a contagem do número de hidrogênios e conclua que são necessários dez. Ainda trabalhando apenas com a cadeia carbônica, mostre que a única possibilidade de ramificá-la é com três átomos de carbono sequencialmente ligados e um átomo de carbono como ramificação no segundo carbono da sequência. Faça a contagem e mostre que a ramificação não altera o número de hidrogênios na molécula. Assim, foram deduzidos os possíveis isômeros. Finalize as fórmulas estruturais com os átomos de hidrogênio. A seguir, esboce as cadeias abertas insaturadas (uma dupla, uma tripla ou duas duplas) e a cadeia fechada saturada, realize a contagem para deduzir que o número de átomos de hidrogênio será menor que dez; portanto, nenhuma delas pode corresponder a um composto de fórmula molecular C_4H_{10}.

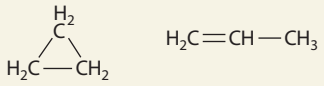
4. **a)**



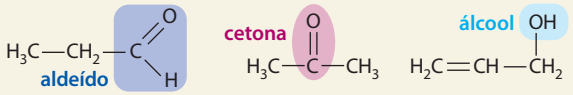
b)



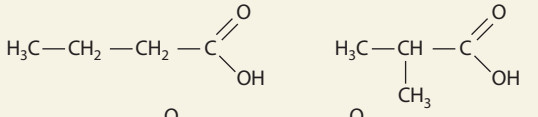
c)



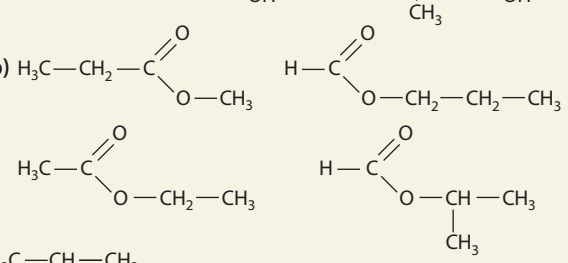
5.



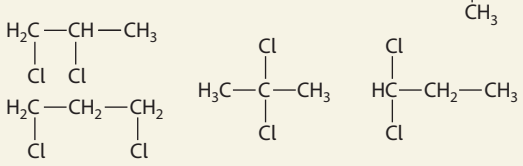
6. **a)**



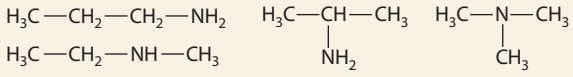
b)



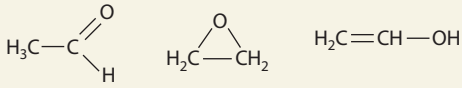
7.



8.

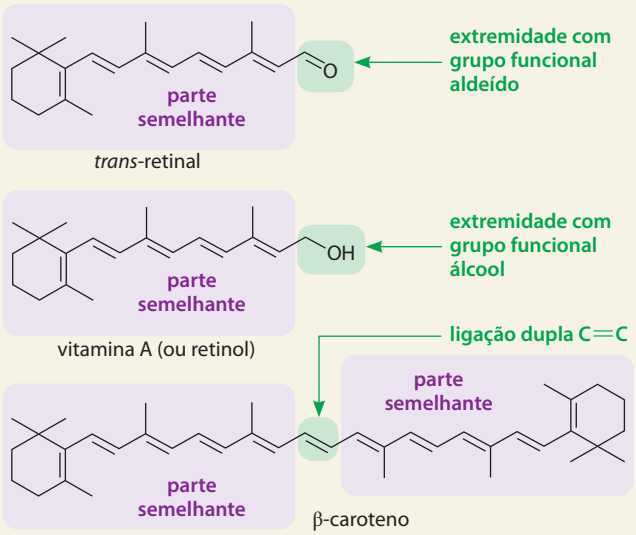


9.



Dialogando com o texto – item 2

As fórmulas estruturais do *trans*-retinal (para comparação), da vitamina A (retinol) e do β-caroteno, com a marcação das semelhanças e diferenças, estão a seguir.



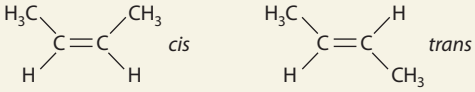
Aproveite para mostrar aos estudantes que os ligantes dos átomos de carbono de todas as ligações C=C das partes não cíclicas dessas estruturas apresentam configuração *trans*.

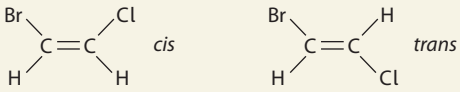
Educação midiática – A escolha de palavras pode não ser neutra

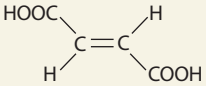
1. Resposta pessoal. Os argumentos favoráveis ao uso dos pesticidas podem tratar da necessidade de manter a produtividade das lavouras e do uso de pesticidas biodegradáveis. Argumentos contrários podem se referir a desequilíbrios ecológicos e poluição do solo, do ar e da água causados pelos praguicidas. Chame a atenção dos estudantes para o fato de que encontrarão em sua investigação argumentos de natureza puramente passional e sem embasamento consistente. Contudo, vão se deparar também, de ambos os lados da questão, com argumentos bem embasados, com fundamentação em aspectos legais, éticos e científicos, expressos de modo responsável.
2. Resposta pessoal. É de se esperar que os estudantes percebam que, normalmente, quem é favorável ao uso refere-se a essas substâncias como "defensivos agrícolas", enquanto quem é contrário ao seu uso emprega a denominação "agrotóxicos". Ressalte aos estudantes para o fato de que **textos e opiniões verbais não são isentos**, e **uma opinião também é expressa por meio da escolha das palavras**.
3. Resposta pessoal. Reserve um tempo para que os estudantes produzam o texto e estimule-os a externar um posicionamento crítico quanto ao uso dos praguicidas e a **propor soluções** individuais e/ou coletivas para os problemas a eles associados. Caso considere válido, desenvolva essa atividade conjuntamente com o professor de Língua Portuguesa.
4. Resposta pessoal, que, espera-se, esteja embasada no que foi explorado por meio das atividades anteriores.
5. Resposta pessoal. O termo poderia incomodar os setores cujos lucros dependem da produção e da utilização de praguicidas.

Aplicando conhecimentos

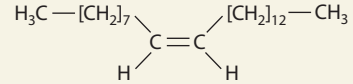
10. Nos casos **c** e **d**, há possibilidade de isomeria geométrica, pois cada átomo de carbono que estabelece a ligação C=C apresenta ligantes diferentes entre si. No caso **a**, não há possibilidade, porque não há uma característica estrutural na molécula que possa gerar isomeria geométrica (como uma ligação dupla C=C). Nos casos, **b**, **e** e **f**, também não existe possibilidade, pois ao menos um dos átomos de carbono da ligação C=C apresenta ligantes iguais.

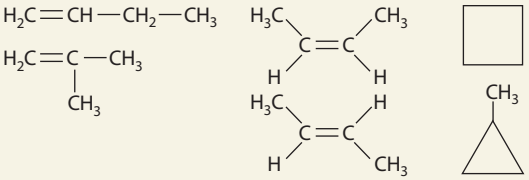
11. **c)** 

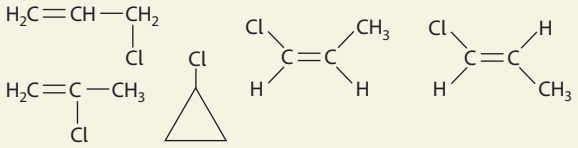
d) 

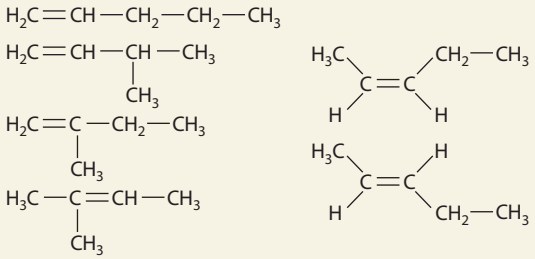
12. 

13. Apenas na ligação C=C indicada por **B**. Nas demais ligações C=C, um dos átomos de carbono que estabelece a ligação dupla apresenta dois ligantes iguais.

14. 

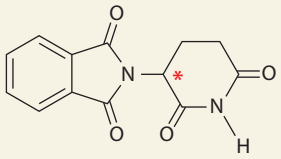
15. 

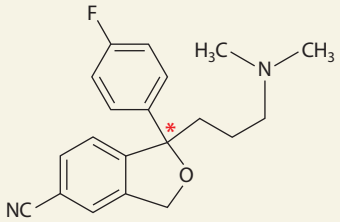
16. 

17. 

Em destaque – Fármacos quirais

Sugerimos que as atividades sejam realizadas em grupos e que, ao final, os registros das respostas sejam compartilhados com a turma, a fim de estimular a discussão sobre os resultados obtidos. A seguir, são apresentadas as resoluções esperadas. É sempre oportuno reforçar aos estudantes que **medicamentos só devem ser utilizados com receita e orientação médica**.

1. 

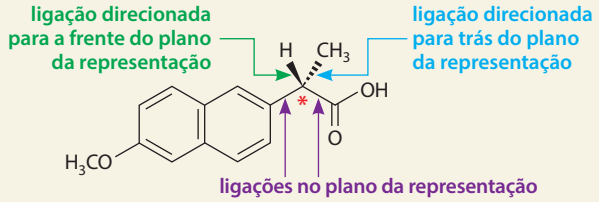
2. 

Devido à especificidade dos alvos biológicos, enantiômeros nem sempre apresentam a mesma atividade farmacológica. O fármaco em questão é comercializado como mistura racêmica; os dois isômeros têm atividade farmacológica, mas a de um deles é muito reduzida se comparada à do outro.

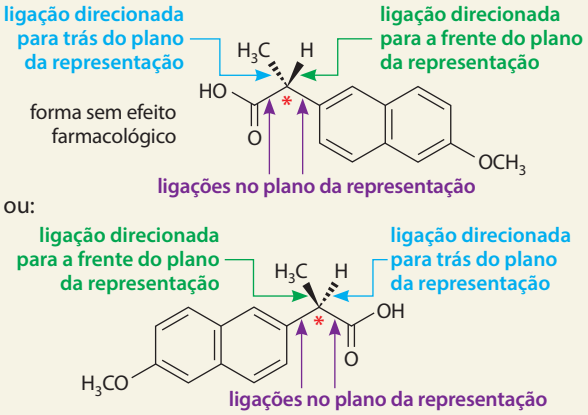
3. O escitalopram é um dos dois isômeros presentes no citalopram, aquele que apresenta maior atividade farmacológica.

4. Como um dos dois componentes do citalopram é bem menos ativo, a dose deve ser maior que a do escitalopram, já que este último contém apenas o princípio ativo mais eficaz.

5. A catálise assimétrica é um processo químico enantiosseletivo, ou seja, que promove a obtenção específica de um enantiômero. Nesse processo, o catalisador atua acelerando a reação química que resulta em um produto com distribuição espacial específica dos ligantes ao redor do(s) centro(s) quiral(is). É de extrema relevância para a indústria farmacêutica, uma vez que possibilita a obtenção das formas farmacologicamente ativas puras. Como sugestão para leitura, indicamos o artigo de Pilli (*Referências suplementares*).

6. 

forma bioativa do fármaco

7. 

8. Verifique os registros dos estudantes, orientando-os para as correções necessárias e o compartilhamento que determinar.

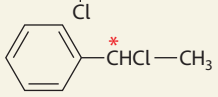
Aplicando conhecimentos

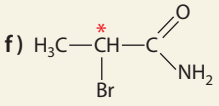
18. Não representam enantiômeros, pois as estruturas **A** e **B** são iguais. Dois dos ligantes do carbono central são iguais (dois grupos CH_3), e, assim, a molécula apresenta plano de simetria. Portanto, a imagem especular é igual a ela.

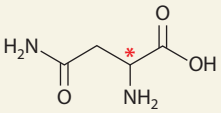
19. Sim, **C** e **D** representam enantiômeros. O carbono representado no centro do modelo molecular é um carbono quiral, e a estrutura **D** é a imagem especular da estrutura **C** (e vice-versa).

20. Apenas os itens **b**, **d** e **f** apresentam carbono quiral.

b) $H_3C-\overset{*}{C}H(Cl)-CH_2-CH_3$

d) 

f) 

21. 

22. Alternativa B. A glicina não apresenta enantiômeros porque não tem centro quiral (carbono quiral). Os demais aminoácidos apresentados têm centro quiral, que é o átomo de carbono ao qual o grupo $-NH_2$ está ligado.

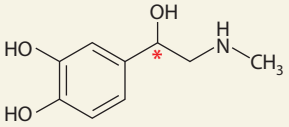
23. **a)** As substâncias **A** e **B** são enantiômeros (respectivamente dextrorrotatório e levorrotatório).

b) Não haverá rotação do plano de luz polarizada, pois a solução mencionada é uma mistura racêmica.

24. *a*: −88,4; *b*: 99,4; *c*: 22,1; *d*: 0,806; *e*: −13,5 (propriedade em que difere do dextrorrotatório). Aproveite esta atividade para reforçar que os isômeros são substâncias diferentes, o que fica claro pela análise do conjunto de suas propriedades.

25. **a)** As classes funcionais presentes são: fenol, álcool e amina.

b) A molécula apresenta um carbono quiral:



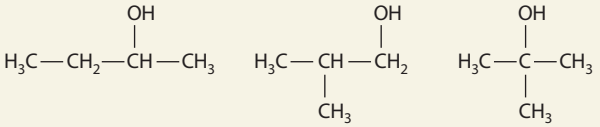
c) Por serem enantiômeros, é provável que interajam diferentemente com enzimas e receptores proteicos existentes no organismo, apresentando efeitos fisiológicos diferentes.

Atividades finais

1. Alternativa C.

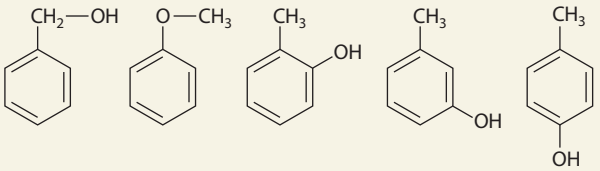
$H_3C-CH_2-CH_2-OH$ $\quad$ $H_3C-O-CH_2-CH_3$ $\quad$ $H_3C-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

2. Alternativa C. Os álcoois isômeros planos do butan-1-ol são:



3. Alternativa D. As fórmulas moleculares são: linalol, $C_{10}H_{18}O$; eugenol, $C_{10}H_{12}O_2$; citronelal, $C_{10}H_{18}O$; e anetol, $C_{10}H_{12}O$. Portanto, os isômeros constitucionais são o linalol e o citronelal.

4. Alternativa A. Dos isômeros, um é álcool, um é éter e três são fenóis, todos apresentando anel benzênico.



5. Somente o geraniol e o neral podem dar origem a isômetros geométricos, em apenas uma das duplas presentes em suas moléculas.

6. Alternativa D. A eliminação de um átomo de hidrogênio de C-2 e de outro átomo de hidrogênio de C-3 origina uma dupla entre C-2 e C-3. Na alternativa D, a dupla tem a configuração *trans*.

7. Alternativa E.

I. Correta. A fórmula molecular do composto é $C_{18}H_{32}O_2$.

II. Incorreta. O composto apresenta uma ligação com configuração geométrica *cis* e outra com configuração *trans*.

III. Correta. É um éster no qual o grupo ligado ao átomo de oxigênio apresenta duas insaturações C=C.

Referências suplementares

FABRI, P. H. *et al*. Construção de modelo molecular a partir da reutilização de garrafas PET: propostas para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 45, n. 3, p. 181-186, 2023.

Propõe um procedimento para a confecção de um *kit* de modelagem molecular de tamanho grande com garrafas PET, ilustrando-o e exemplificando-o com diversas fotografias.

PILLI, R. A. Catálise assimétrica e o prêmio Nobel de Química de 2001: novos paradigmas e aplicações práticas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 14, p. 16-24, 2011.

Artigo que explica o que é catálise assimétrica e qual é a sua importância, entre outras, nas áreas de fármacos, agroquímicos e fragrâncias.

REZENDE. G. A. A.; AMAURO, N. Q.; RODRIGUES FILHO, G. M. Desenhando isômeros ópticos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 133-140, 2016.

Artigo que apresenta uma estratégia didática para favorecer o entendimento da representação de enantiômeros.

SILVA, G. P. C. *et al*. *Kit* molecular inclusivo para deficientes visuais no ensino de estruturas tridimensionais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 45, n. 3, p. 205-215, 2023.

As autoras descrevem a construção de um *kit* de modelagem molecular, acessível e versátil, cuja finalidade é favorecer a acessibilidade para estudantes com deficiência visual.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1**, **3** e **5** a **7**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas atividades propostas na seção *Em destaque*.

Capítulo 22 Biomoléculas

Objetivos do capítulo

- Reconhecer a fórmula estrutural de triacilglicerol, α-aminoácido e carboidrato.
- Saber a diferença entre triacilglicerol saturado e insaturado.
- Compreender o que é uma ligação peptídica e saber que ela faz parte de um grupo funcional amida.
- Reconhecer que polissacarídios são macromoléculas formadas pela polimerização de monossacarídios.
- Ter noção da constituição dos ácidos nucleicos.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo utiliza conceitos estudados – em especial, nos Capítulos 5, 6, 20 e 21 – para discutir os principais tipos de biomoléculas. Ele possibilita revisitar aspectos estudados em citologia, no componente curricular Biologia, ampliando a compreensão dos estudantes, agora que eles têm pré-requisitos suficientes de Química para compreender os aspectos estruturais desses compostos orgânicos.

Por dentro da BNCC

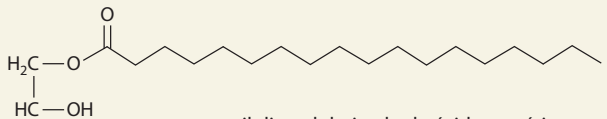
Este capítulo, devido às temáticas e às atividades, propicia o desenvolvimento das **competências gerais 6** e **8** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104** e **EM13CNT207**.

Quanto aos **TCT**, o capítulo envolve **Educação Alimentar e Nutricional** e **Saúde** (macroárea **Saúde**) e **Vida Familiar e Social** (macroárea **Cidadania e Civismo**). Quanto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, abrange temática ligada aos **ODS 3** e **5**.

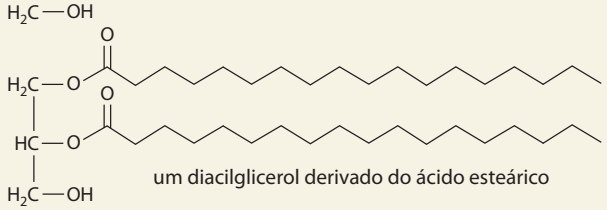
Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

Diacilgliceróis e monoacilgliceróis são, respectivamente, diésteres e monoésteres de glicerol e ácidos graxos. Exemplos:



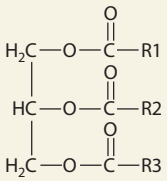
um monoacilglicerol derivado do ácido esteárico



um diacilglicerol derivado do ácido esteárico

Aplicando conhecimentos

1.



R1, R2 e R3 são grupos hidrocarbônicos longos.

2. Na estrutura apresentada existem três grupos funcionais éster.

3. $HOOC—[CH_2]_7CH=CH[CH_2]_7CH_3$

$HOOC—[CH_2]_{16}CH_3$

$HOOC—[CH_2]_7CH=CHCH_2CH=CH[CH_2]_4CH_3$

4. Respectivamente, monoinsaturado, saturado e poli-insaturado.

5. Em R—COOH, sendo o "n" o número de átomos de carbono presentes em R, temos as seguintes situações possíveis:

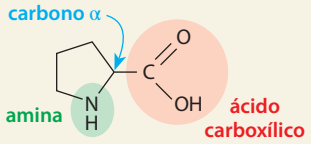
- ácido graxo saturado: cada carbono de R terá dois hidrogênios, exceto o da extremidade CH_3, que terá três, e, assim, a fórmula geral será $C_nH_{2n+1}COOH$;
- ácido graxo monoinsaturado: dos $2n+1$ hidrogênios do grupo R saturado, dois serão "removidos" para estabelecer a dupla C=C, e a fórmula geral será $C_nH_{2n-1}COOH$;
- ácido graxo poli-insaturado: o número de hidrogênios em R será sucessivamente menor que $2n-1$, sendo subtraído de duas unidades a cada nova insaturação.

Então: o ácido behênico é saturado, o ácido erúcico é monoinsaturado e o ácido gondoico também é monoinsaturado.

6. Alternativa B. O produto triálcool é o glicerol. Os outros três produtos (que constituem o biodiesel) são ésteres.

Atividade em grupo – item 2

O aminoácido que não segue exatamente a fórmula geral dos outros 19 é a prolina:

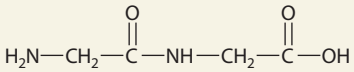


prolina (aminoácido)

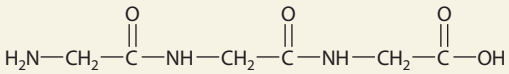
A prolina tem grupo —NH— (amina secundária), ao contrário dos demais, que apresentam grupo $—NH_2$ (amina primária).

Aplicando conhecimentos

7.

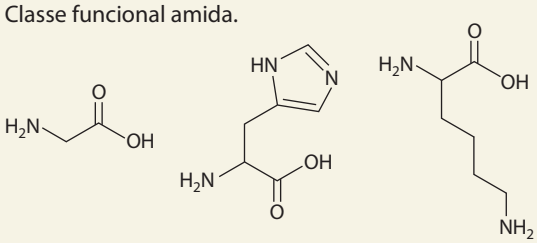


8.



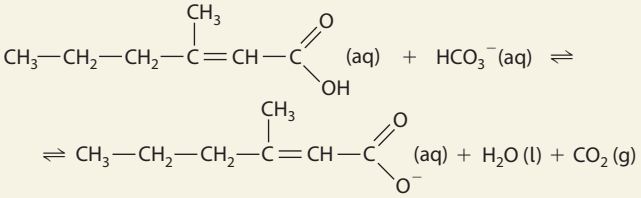
9. Classe funcional amida.

10.



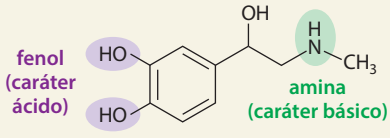
Dialogando com o texto – item 3

A equação solicitada no primeiro *Dialogando com o texto* é:



No segundo *Dialogando com o texto*, a expectativa é a de que os estudantes interpretem as equações do subitem e identifiquem a espécie resultante da protonação (acréscimo de H^+) e a resultante da desprotonação (perda de H^+).

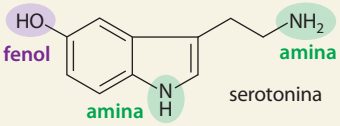
No terceiro *Dialogando com o texto*, após interpretar a fórmula estrutural da adrenalina, eles devem indicar que os grupos responsáveis pelo caráter anfótero são fenol e amina:



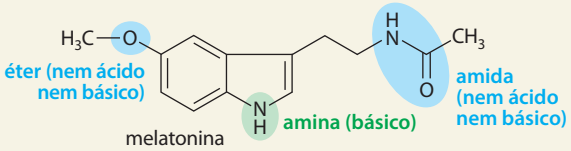
Em destaque – Serotonina e depresssão

1. Neurotransmissores são substâncias que atuam na transmissão de impulsos nervosos em sinapses químicas (são armazenados em vesículas do neurônio pré-sináptico e liberados na fenda sináptica no momento da transmissão do impulso). Exemplos de neurotransmissores são: adrenalina, noradrenalina, serotonina, dopamina, acetilcolina, glutamato e ácido gama-amino-butírico (GABA). A serotonina é um neurotransmissor relacionado, entre outros, ao humor, ao sono e ao apetite.

2. O caráter anfótero da serotonina se deve às classes funcionais amina (caráter básico) e fenol (caráter ácido):



3. A melatonina apresenta grupo funcional amina, que confere basicidade a ela. Os outros dois grupos funcionais presentes (éter e amida) não apresentam caráter ácido nem básico.

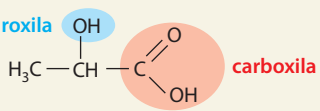


Ao docente, cabe comentar que amidas não são básicas porque o par eletrônico não compartilhado do átomo de nitrogênio está comprometido na ressonância com o grupo carbonila.

4. Sugira aos estudantes que entrevistem profissionais da área de saúde, como médicos e psicólogos. Espera-se que, por meio de pesquisas e dessas entrevistas, eles possam compreender que a depressão é uma doença psiquiátrica que produz alterações no humor. Ela está relacionada à complexa interação de fatores diversos, como sociais, psicológicos e biológicos/bioquímicos, estes últimos associados a baixos níveis de serotonina. A deficiência na atuação desse neurotransmissor também pode estar relacionada a outros transtornos e sintomas.
Para abordar esse tema é altamente recomendável a presença de um **profissional da área de saúde** que esteja capacitado para abordá-lo com jovens e adolescentes. A depressão pode desencadear **comportamentos de risco**, como uso de drogas ilícitas, abuso de etanol e comportamentos de autolesão, muitos dos quais podem surgir na adolescência. É importante que esse tema seja tratado de forma responsável pela escola. A atenção do corpo docente a possíveis sinais que demonstrem a necessidade de encaminhamento adequado deve ser parte permanente das estratégias de acolhimento adotadas pela unidade escolar.

Aplicando conhecimentos

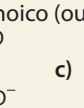
11. **a)** hidroxila

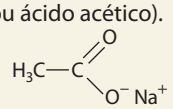


b) Classes funcionais álcool e ácido carboxílico.

c) $CH_3CH(OH)COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3CH(OH)COO^-$

12. **a)** Ácido etanoico (ou ácido acético).

b) 

c) 

etanoato de sódio (ou acetato de sódio)

13. **a)** A solução é básica, pois $[OH^-] > [H_3O^+]$.

b) Os íons hidróxido, OH^-.

c) $RCOOH(aq) + OH^-(aq) \rightarrow RCOO^-(aq) + H_2O(l)$; o ácido carboxílico é transformado em ânion, que não vaporiza e não chega às narinas de ninguém.

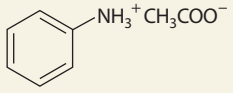
14. **a)** $C_5H_{11}COOH + HCO_3^- \rightarrow C_5H_{11}COO^- + CO_2 + H_2O$
ou $C_5H_{11}COOH + NaHCO_3 \rightarrow C_5H_{11}COONa + CO_2 + H_2O$

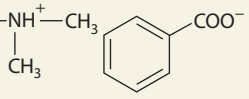
b) Dióxido de carbono, ou gás carbônico, CO_2.

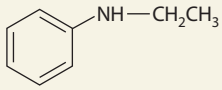
15. O vinagre, sendo ácido, reage com as aminas, que são básicas, produzindo íons que passam a compor uma substância iônica que não é volátil e, portanto, não apresenta cheiro.

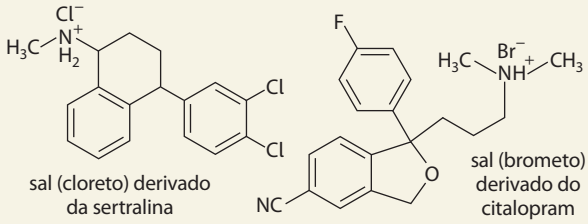
16. Alternativa C. **I** (ácido carboxílico): caráter ácido; **III** (amina): caráter básico; **II** (álcool) e **IV** (amida): caráter neutro.

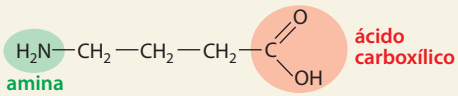
17. **a)** $CH_3CH_2CH_2NH_3^+HCOO^-$

b) 

c) 

18. 

19. 

20. **a)** 

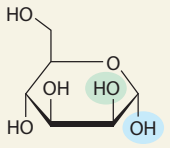
b) O grupo amina confere caráter básico e o grupo carboxila confere caráter ácido ao GABA.

c) $H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—COOH(aq) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons$
$\rightleftharpoons H_3N^+—CH_2—CH_2—CH_2—COOH(aq) + H_2O(l)$

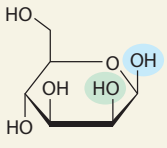
d) $H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—COOH(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons$
$\rightleftharpoons H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—COO^-(aq) + H_2O(l)$

Dialogando com o texto – item 4

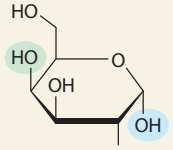
Na primeira parte da atividade, os estudantes poderão perceber que os compostos mencionados são isômeros da glicose e da frutose. Considerando estruturas cíclicas com anéis de seis membros, os estudantes poderão encontrar duas possibilidades (α e β) para a manose e duas (também α e β) para a galactose:



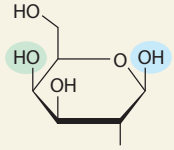
α-manose ($C_6H_{12}O_6$)



β-manose ($C_6H_{12}O_6$)



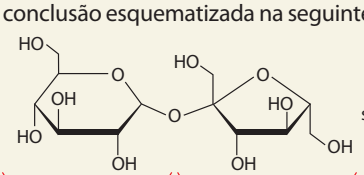
α-galactose ($C_6H_{12}O_6$)



β-galactose ($C_6H_{12}O_6$)

A diferença entre as formas α e β está destacada em azul.
A diferença em relação à glicose está destacada em verde.

Na segunda parte da atividade, a expectativa é de que cheguem à conclusão esquematizada na seguinte fórmula estrutural:



sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

Aplicando conhecimentos

21. Alternativa D. Os processos **1**, **2** e **3** são os que requerem menor conhecimento tecnológico e, além disso, ilustram o consumo direto, pelo ser humano, da energia armazenada na cana. Já o processo **4** é o que envolve a maior diversidade de atividades econômicas e é também o que provoca maior emissão de gás carbônico para a atmosfera. Todos os quatro requerem trabalho humano para a obtenção de energia.

22. Como a bolinha de massa afunda na água, podemos afirmar que ela apresenta densidade maior que a desse líquido.

23. A fermentação produz gás, que fica retido na bolinha. A massa da bolinha não se altera, porém seu volume aumenta, e, consequentemente, sua densidade diminui. Quando a densidade se torna menor que a da água, a bolinha passa a flutuar no líquido.

24. Um dos princípios da cinética química é que a rapidez das reações químicas diminui com a redução de temperatura. Assim, em dias frios, a fermentação é mais lenta e demora mais tempo para que a liberação de gás ocorra. Nesses dias, a bolinha leva mais tempo para ter sua densidade diminuída e subir.

25. Alternativa D. O mel é rico em carboidratos, o azeite de oliva é rico em triacilgliceróis derivados de ácidos graxos monoinsaturados, e a carne de aves é rica em proteínas.

26. Alternativa B. 50 g · 50% · 4 kcal/g = 100 kcal;
50 g · 15% · 9 kcal/g = 67,5 kcal; 50 g · 35% · 4 kcal/g = 70 kcal;
o total por fatia é 237,5 kcal. Duas fatias fornecem o dobro (475 kcal), e três fatias, o triplo (712,5 kcal), ultrapassando o limite.

Educação midiática – Mulheres na Ciência

Dar o devido destaque às mulheres cientistas, além de inspirar jovens a seguir carreiras embasadas em Ciências da Natureza e formentar a formação de novas cientistas, contribui para a construção de uma consciência que **valorize o protagonismo feminino** e **combata toda e qualquer desigualdade de gênero**.

Para desenvolver melhor o tema, peça aos estudantes que, em duplas, façam uma breve pesquisa biográfica de uma cientista, preferencialmente brasileira. As biografias podem ser reunidas para formar uma espécie de livro, que pode ser distribuído na escola no formato físico ou digital. O ideal é que o professor organize a turma para que as biografias não sejam repetidas. Instrua os estudantes a buscarem informações confiáveis e, além disso, auxilie-os para que não reforcem estereótipos ou distorções baseadas na visão do senso comum sobre a Ciência.

Não deixe de comentar que a ONU definiu o ano de 2011 (centenário do segundo Prêmio Nobel recebido por Marie Curie) como o Ano Internacional da Química. A entidade também destaca a relevância da igualdade de gênero no **ODS 5**. A Unesco – que atua fortemente na mitigação das desigualdades de gênero – estabeleceu, em 2015, a celebração anual do Dia Internacional de Mulheres e Meninas na Ciência em 11 de fevereiro.

Atividades finais

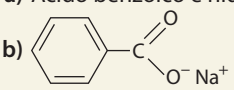
1. Alternativa B. O enunciado diz que "quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolipídios, menor será a fluidez da membrana". Cadeias lineares (sem insaturações) e mais longas interagem mais eficazmente e, por isso, acarretam menor fluidez da membrana. Assim, para assegurar maior fluidez, deve-se optar pelas cadeias hidrocarbônicas mais curtas e com insaturações (II), pois elas interagem menos intensamente.

2. Alternativa C. As quantidades de lipídios presentes em 200 g de creme vegetal e em 200 g de margarina são, respectivamente, 35% · 200 g = 70 g e 65% · 200 g = 130 g. Assim, quem usar creme vegetal em vez de margarina estará utilizando, aproximadamente, a metade da quantidade de lipídios.

3. Alternativa D. Um α-aminoácido apresenta os grupos característicos das classes funcionais ácido carboxílico e amina ligados a um mesmo átomo de carbono, além de um grupo lateral ligado ao mesmo átomo de carbono. Para montar um aminoácido, duas combinações possíveis são **1-2-6** e **4-2-6**.

4. Alternativa C. As carnes são alimentos ricos em proteínas, que são formadas a partir de aminoácidos.

5. **a)** Ácido benzoico e hidróxido de sódio.

b) 

6. Alternativa D. Fenol e ácido carboxílico: solução ácida ($pH < 7$); amina: solução básica ($pH > 7$); álcool: solução neutra ($pH = 7$).

7. O vinagre é uma solução aquosa ácida, e os íons H_3O^+ nele existentes neutralizam os íons OH^-, o que desloca o equilíbrio mencionado no sentido dos produtos e transforma a trimetilamina em um íon que não vaporiza (e, por isso, não tem cheiro).

8. Alternativa B. No processo, um próton (H^+) proveniente do HCl protona o grupo amina, resultando em um cátion orgânico. Esse cátion e o ânion cloreto (Cl^-) constituem o produto da reação. A protonação da amina evidencia a sua basicidade.

9. Para que os fármacos estejam na forma molecular (não ionizada), garantindo absorção adequada, os dois equilíbrios apresentados devem ser deslocados no sentido dos reagentes. No primeiro equilíbrio, isso ocorre em meio ácido (elevada $[H_3O^+]$), e, portanto, esse fármaco será mais bem absorvido no estômago. Para o segundo equilíbrio, isso ocorre em meio básico (elevada $[OH^-]$), e, consequentemente, esse fármaco será mais bem absorvido no intestino delgado.

10. Alternativa A. As leveduras usadas na panificação promovem a fermentação de uma pequena quantidade de carboidratos da massa do pão. Um dos produtos do processo é o gás carbônico, responsável pelo aumento de volume da massa.

11. Alternativa D. Comparando as duas fórmulas estruturais, conclui-se que a molécula da guanina oxidada apresenta um átomo a mais que a molécula de guanina e que esse átomo é do elemento químico oxigênio (O).

Referências suplementares

BOND, L. Brasil é o terceiro colocado na participação feminina na ciência. **Agência Brasil**, São Paulo, 8 mar. 2024. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2024-03/brasil-e-o-terceiro-colocado-na-participacao-feminina-na-ciencia. Acesso em: 13 set. 2024.

Artigo com dados sobre a importância da participação feminina na pesquisa científica nacional.

IGNOTOFSKY, R. **As cientistas**: 50 mulheres que mudaram o mundo. São Paulo: Blucher, 2017.

Livro que traz as biografias de 50 cientistas de diversas áreas de atuação e nacionalidades.

KRAPP, J.; BONFIM, M. **Histórias para inspirar futuras cientistas**. Rio de Janeiro: Fiocruz/Edições Livres, 2021. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/49260. Acesso em: 29 out. 2024.

Apresenta o percurso de mulheres que deram importantes contribuições à ciência brasileira.

ROQUE, T.; OLIVEIRA, L. (org.). **Mulheres na Ciência**: o que mudou e o que a ainda precisamos mudar. Rio de Janeiro: Oficina Raquel/Faperj, 2024.

Livro com textos sobre a presença feminina na Ciência e uma série de questões importantes ainda por serem debatidas.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **3** a **6**, **8** e **10**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas atividades da seção *Em destaque*.

Capítulo 23 Radioatividade e origem dos elementos químicos

Objetivos do capítulo

- Saber o que são decaimentos nucleares – alfa, beta negativo, beta positivo e gama – e ser capaz de equacioná-los.
- Compreender o que é tempo de meia-vida de um radionuclídeo e utilizar essa grandeza para realizar previsões.
- Conhecer os conceitos de fissão nuclear e fusão nuclear.
- Conhecer aplicações de processos nucleares, como na Medicina, em datação por carbono-14 e em usinas nucleares.
- Conhecer a explicação aceita para a origem dos elementos químicos e associá-la a processos estelares.

Sugestões didáticas e comentários

Este capítulo aborda os fenômenos que envolvem o núcleo dos átomos, propiciando aprendizados sobre aplicações pacíficas das tecnologias nucleares e informações relevantes para o posicionamento quanto ao seu uso com finalidades controversas. Ele também propicia aos estudantes compreender os processos responsáveis pela síntese natural dos elementos químicos.

As temáticas desenvolvidas e as atividades propostas alinham-se, entre outras, com a habilidade **EM13CNT205**, na medida em que requerem interpretar resultados experimentais (diferença de massa entre nuclídeos e seus núcleons isolados) e analisar previsões sobre fenômenos naturais (energia de ligação por núcleon e processos de nucleossíntese em estrelas) reconhecendo que estão no âmbito explicativo das Ciências da Natureza, e com a habilidade **EM13CNT209**, posto que envolvem analisar fenômenos que ocorrem em estrelas, associando-o aos modelos que explicam a origem e a distribuição dos elementos químicos no Universo.

Durante o desenvolvimento, saliente aos estudantes que, nos processos nucleares, aplica-se um princípio fundamental da Física: a **conservação da carga elétrica**. Assim, ao analisar uma equação de processo nuclear, explique que o **balanço das cargas nucleares** consiste em verificar que a soma das cargas elétricas é igual no primeiro e no segundo membros.

Também enfatize que, nos processos nucleares, a massa final apresenta **ligeira diferença** em relação à massa inicial (isso é objeto de estudo no item 8). Por isso, **não há conservação da massa em processos nucleares**. Contudo, nos fenômenos de interesse para o presente estudo, ocorre manutenção da soma dos números de prótons e de nêutrons, o que permite falar em **balanço de números de massa**. Vamos exemplificar com os casos equacionados no item 1.

Para o decaimento alfa do U-238, $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{234}_{90}Th$:
- balanço de números de massa: $238 = 4 + 234$;
- balanço das cargas nucleares: $92 = 2 + 90$.

Para o decaimento beta negativo do C-14, $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta$:
- balanço de números de massa: $14 = 14 + 0$;
- balanço das cargas nucleares: $6 = 7 + (-1)$.

Para o decaimento beta positivo do Tc-95, $^{95}_{43}Tc \rightarrow {}^{95}_{42}Mo + {}^{0}_{+1}\beta$:
- balanço de números de massa: $95 = 95 + 0$;
- balanço das cargas nucleares: $43 = 42 + 1$.

Por dentro da BNCC

O capítulo propicia situações de aprendizado que favorecem o desenvolvimento das **competências gerais 1**, **4**, **8**, **9** e **10** e das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT103**, **EM13CNT104**, **EM13CNT105**, **EM13CNT106**, **EM13CNT201**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, **EM13CNT209**, **EM13CNT302**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT307**, **EM13CNT309** e **EM13CHS504**.

Neste capítulo, são também abordadas temáticas relacionadas aos **TCT**: **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome), **Saúde** (macroárea de mesmo nome), **Educação Ambiental** (macroárea **Meio Ambiente**) e **Educação em Direitos Humanos** (macroárea **Cidadania e Civismo**). O capítulo também aborda propostas relacionadas aos **ODS 3**, **12** e **16**.

Resoluções e comentários

Dialogando com o texto – item 1

No segundo *Dialogando com o texto*:

- Decaimento alfa do Po-218: $^{218}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{214}_{82}Pb$
- Decaimento beta negativo do I-131: $^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}\beta$
- Decaimento beta positivo do F-18: $^{18}_{9}F \rightarrow {}^{18}_{8}O + {}^{0}_{+1}\beta$

Aplicando conhecimentos

1. "31" é o número atômico (número de prótons), e "67" é o número de massa (soma dos números de prótons e nêutrons).

2. $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{222}_{86}Rn$
O nuclídeo produzido nessa reação é $^{222}_{86}Rn$ (radônio-222).

3. Seja $^{A}_{Z}X$ o nuclídeo produzido. O balanço de números de massa fornece $A = 226$. Do balanço das cargas nucleares, resulta $Z = 88$. Consultando $Z = 88$ na tabela periódica, encontramos o rádio (Ra). Portanto: $^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{226}_{88}Ra$.

4. Considerando $^{A}_{Z}X$ como nuclídeo produzido, o balanço de números de massa fornece $A = 214$, e o balanço das cargas nucleares resulta em $Z = 84$. Consultando $Z = 84$ na tabela periódica, encontramos o polônio (Po). Então: $^{214}_{83}Bi \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{214}_{84}Po$.

5. Alternativa B. Os fenômenos relacionados à radioatividade consistem em modificações do núcleo atômico.

6. Partindo inicialmente de 1, após uma meia-vida (3 min), teremos 0,5 e, após outra meia-vida (mais 3 min), restará 0,25 da amostra. Assim, o tempo total transcorrido será de 6 min.

7. Como o tempo de meia-vida é de 14 dias, então 70 dias correspondem a 5 tempos de meia-vida. Realizando, por 5 vezes consecutivas, a divisão da massa da amostra por 2, temos:
20 g → 10 g → 5 g → 2,5 g → 1,25 g → 0,625 g
Então, a quantidade que resta após 70 dias é 625 mg.

8. 1,6 g → 0,8 g → 0,4 g → 0,2 g → 0,1 g → 0,05 g
Os 40 dias transcorridos correspondem a cinco vezes o tempo de meia-vida. Portanto, a meia-vida é igual a 8 dias.

9. **a)** $^{90}_{38}Sr \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{90}_{39}Y$; o nuclídeo produzido é o ítrio-90: $^{90}_{39}Y$.
b) Transcorrem três meias-vidas para que restem 12,5%. Portanto, o tempo necessário é de $3 \cdot 28$ anos, ou seja, 84 anos.

10. Como a meia-vida do isótopo é de 5 anos, 20 anos correspondem a quatro meias-vidas. A quantidade colocada inicialmente na cápsula era de 12 g (ou 12.000 mg), pois:
12.000 mg → 6.000 mg → 3.000 mg → 1.500 mg → 750 mg

11. Para que ocorra o decaimento nuclear de 93,75% da amostra, a porcentagem restante deverá ser 100% − 93,75%, ou seja, 6,25%. Então, devem transcorrer 4 meias-vidas:
100% → 50% → 25% → 12,5% → 6,25%

12. Alternativa D. A equação é: $^{222}_{86}Rn \rightarrow x\,{}^{4}_{2}\alpha + y\,{}^{0}_{-1}\beta + {}^{210}_{84}Po$.
O balanço de números de massa fornece $x = 3$, e o balanço das cargas nucleares fornece $y = 4$.

13. Alternativa C. A equação é: $^{234}_{92}U \rightarrow x\,{}^{4}_{2}\alpha + y\,{}^{0}_{-1}\beta + {}^{226}_{88}Ra$.
O balanço de números de massa fornece $x = 2$, e o balanço das cargas nucleares fornece $y = 0$.

14. São dois decaimentos beta. A quantidade de bário-140 deve decrescer, tendendo a zero (curva **B**). A quantidade de cério-140, membro final da sequência, deve aumentar com o passar do tempo (curva **A**). O lantânio-140 é produzido na primeira emissão beta, mas é consumido ao se transformar em cério (curva **C**).

15. Consideremos que ${}^{A}_{Z}X$ é o nuclídeo produzido. O balanço de números de massa fornece $A = 245$, e o balanço das cargas nucleares fornece $Z = 98$. Procurando na tabela periódica por $Z = 98$, concluímos que o elemento químico é o califórnio (Cf).

16. Seja ${}^{a}_{b}y$ a partícula produzida. O balanço de números de massa fornece $a = 1$. Do balanço das cargas nucleares, resulta $b = 0$. Essas características correspondem ao nêutron, ${}^{1}_{0}n$.

Atividade em grupo – item 4

O acidente mencionado ocorreu porque um equipamento de radioterapia contendo Cs-137 estava em uma clínica desativada, e o prédio foi invadido por duas pessoas à procura de sucata para vender. O equipamento foi levado para a casa de um deles e desmontado, expondo ao ambiente quase 20 g de cloreto de césio-137, que se espalhou pelas vizinhanças e contaminou pessoas, solo, plantas e animais. Na época, quatro pessoas morreram. Outras tiveram sequelas com o passar do tempo. Mais informações podem ser encontradas, por exemplo, na página sobre o acidente disponibilizada pelo Governo de Goiás. Disponível em: https://goias.gov.br/saude/cesio-137-goiania/. Acesso em: 30 out. 2024.

Caso, em seu planejamento, não haja muito tempo disponível para trabalhar este capítulo, uma alternativa é incorporar o acidente com o césio-137 como um quarto tema na atividade proposta na seção *Em destaque* intitulada *Controvérsias sobre o uso das tecnologias nucleares* (item 6). Assim, ele não demandará tempo adicional a esta altura.

Aplicando conhecimentos

17. Desde a formação: 10 ppb → 5 ppb → 2,5 ppb. Então, o tempo total transcorrido é de 11.460 anos (duas meias-vidas).

18. No caso em questão: 100% → 50% → 25% → 12,5%. Assim, transcorreram três tempos de meia-vida ($3 \cdot 5.730$ anos) e, portanto, a árvore foi soterrada há 17.190 anos.

19. Alternativa A. A esterilização por irradiação é feita submetendo o material a raios gama que, ao atravessarem-no, matam microrganismos presentes. O radionuclídeo que emite essa radiação gama não toma contato com o material e, portanto, não se incorpora a ele, ou seja, não o contamina.

Dialogando com o texto – item 5

A atividade possibilita que os estudantes percebam que, considerando-se massas iguais, a energia liberada na fissão nuclear é muito maior do que a liberada na combustão.

a) Se 1 g de gás hidrogênio libera $1{,}43 \cdot 10^2$ kJ, então a massa x liberará $7{,}92 \cdot 10^7$ kJ. Isso resulta em $x = 5{,}54 \cdot 10^5$ g.

b) Se 1 g de etanol libera $2{,}97 \cdot 10^1$ kJ, então a massa y liberará $7{,}92 \cdot 10^7$ kJ. Isso conduz a $y = 2{,}67 \cdot 10^6$ g.

Assim, para liberar a mesma energia que a fissão de 1 g de U-235, é necessária a combustão de 554 kg de gás hidrogênio ou de 2,67 t de etanol líquido.

Aplicando conhecimentos

20. **a)** Trata-se de uma fissão nuclear, quebra de um núcleo grande (no caso, U-235) pelo bombardeamento com um nêutron.

b) A equação dessa fissão é: ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{142}_{56}Ba + {}^{A}_{Z}X + 2\,{}^{1}_{0}n$. O balanço de números de massa fornece $A = 92$, e o balanço das cargas nucleares fornece $Z = 36$ (criptônio, Kr; consultando a tabela periódica). Então, o que falta é: ${}^{92}_{36}Kr$.

21. Alternativa B. Na condensação do vapor-d'água, este transfere calor para a água usada no resfriamento (vinda de rio, lago ou mar). Isso provoca a poluição térmica de que fala o enunciado.

22. Alternativa E. Nos produtos da fissão do urânio-235, há dezenas de radioisótopos que decaem por emissão alfa, beta e gama, representando risco aos seres humanos e ao meio ambiente.

23. A equação do primeiro decaimento é: ${}^{99}_{42}Mo \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{99}_{43}A$. Então, $A = 99$ e $Z = 43$. Consultando a tabela periódica, concluímos que A é o elemento químico tecnécio (Tc).
A equação do segundo decaimento é: ${}^{147}_{60}Nd \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{147}_{61}B$
Então, $A = 147$ e $Z = 61$. Consultando a tabela periódica, concluímos que B é o elemento químico promécio (Pm).

24. Representando por ${}^{a}_{b}X$ e ${}^{c}_{d}Y$ os nuclídeos produzidos, o balanço de números de massa fornece $a = 247$ e $c = 249$, e o balanço das cargas nucleares resulta em $b = 99$ e $d = 100$. Consultando os números atômicos 99 e 100 na tabela periódica, encontramos, respectivamente, einstênio (Es) e férmio (Fm). Assim, as representações solicitadas são ${}^{247}_{99}Es$ e ${}^{249}_{100}Fm$.

25. Alternativa C. Segundo o texto, é correto afirmar que usinas nucleoelétricas possibilitam que um de seus subprodutos, o plutônio, seja utilizado em armamento nuclear.

26. Alternativa E. Se cada grama de urânio-235 libera $8 \cdot 10^{10}$ J, então 1 kg liberará 10^3 vezes isso, ou seja, $8 \cdot 10^{13}$ J. Assim, podemos resolver por proporcionalidade: 1 g de gasolina libera $5 \cdot 10^4$ J na combustão, assim como m libera $8 \cdot 10^{13}$ J. Isso conduz a $m = 1{,}6 \cdot 10^9$ g.

27. Alternativa E. A energia dos biocombustíveis não é favorecida porque o país é pequeno, com pouca extensão territorial para o plantio de uma cultura destinada à obtenção de biocombustível. A energia solar não é favorecida por ser uma região chuvosa, a energia nuclear pode oferecer considerável risco ambiental, e a energia hidráulica não é uma boa opção, pois a região tem poucos recursos hídricos. A energia eólica é uma escolha adequada porque o local tem ventos constantes e o processo não gera gases estufa nem poluentes.

28. Alternativa D. Como o rio está bastante comprometido, pois é "fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca", isso inviabiliza a utilização de suas águas no resfriamento de uma usina termelétrica ou de uma termonuclear. Também inviabiliza a construção de uma usina hidrelétrica. A energia eólica é inviável, pois as altas montanhas bloqueiam a chegada de vento. A energia fotovoltaica (conversão da energia solar em energia elétrica) é uma boa opção, pois, na região, "a incidência solar é alta o ano todo".

Em destaque – Controvérsias sobre o uso das tecnologias nucleares

Por meio das pesquisas propostas, espera-se que os estudantes se tornem conscientes de aspectos favoráveis e contrários às tecnologias nucleares; um mesmo tema científico pode, por um lado, originar aplicações cujos benefícios à humanidade claramente excedem os eventuais riscos, mas, por outro, resultar em utilizações cujos efeitos prejudiciais não justificam os supostos benefícios.

Nem sempre há consenso na sociedade (ou em uma turma de Ensino Médio), e debates sobre alguns temas sempre deverão existir à medida que a humanidade avança, não apenas em ciência, mas na ética e nas conquistas ambientais e sociais.

Distribua os temas sugeridos entre os grupos de estudantes para que eles elaborem os vídeos que serão exibidos para todas as equipes. Insista na necessidade de um roteiro bem elaborado, que contribua para a riqueza de subsídios ao debate proposto para depois das exibições.

Em destaque – Radioatividade na ficção

1. Nos dois filmes mencionados, a radiação é dramatizada e mistura ciência e ficção. Neles, a radiação causa mutações extremas e dá aos monstros habilidades fantásticas, como emissão de feixes de radiação nuclear ou de pulsos eletromagnéticos. Essas representações exageram o impacto da radiação e suas consequências, a fim de criar uma narrativa de ficção científica.

A radiação pode causar mutações genéticas, mas elas não resultam no surgimento de habilidades fantásticas nem no aumento do tamanho de seres vivos. As mutações podem resultar em danos celulares e no aumento do risco de câncer. Dependendo da dose, há efeitos a curto prazo, como queimaduras e morte. Além disso, materiais emissores de radiação podem contaminar o ar, o solo, a água e os alimentos, como visto no desastre de Chernobyl, no qual sua liberação resultou em severos impactos ambientais e de saúde pública.
(Para constar: foram descobertos fungos, chamados fungos radiotróficos, que proliferaram no ambiente radioativo das proximidades da usina de Chernobyl, capazes de captar radiação gama em processos bioquímicos de obtenção de energia para sobrevivência, algo muitíssimo distante do enredo ficcional mencionado.)

2. Resposta pessoal. A radioatividade tem aplicações benéficas, como em tratamentos médicos e na geração de energia. Filmes como os mencionados retratam a radioatividade de forma exagerada, apresentando efeitos exagerados e ficcionais que podem assustar o público, obscurecendo os benefícios reais e promovendo uma visão negativa e distorcida da radioatividade e da pesquisa científica.

3. Espera-se que os estudantes mencionem que a elevada dose de radiação gama teria provocado queimaduras, danos generalizados aos órgãos e a morte de Bruce Banner.

Aplicando conhecimentos

29. Alternativa A. Os prótons e os nêutrons presentes em um núcleo atômico são coletivamente denominados núcleons. A informação fornecida é de que a massa do núcleo (19,99 u) é menor que a dos núcleons separados (20,16 u). Interpreta-se isso como um indicativo de que o núcleo do neônio-20 é mais estável do que seus núcleons isolados.

30. Alternativa C. Nos estudos nucleares, a diferença entre a massa dos núcleons separados (no caso, 20,16 u) e a massa do núcleo (no caso, 19,99 u) é denominada **defeito de massa** (ou **efeito de empacotamento**).

31. Alternativa C. O valor de 157 MeV corresponde à energia que seria liberada se o núcleo de neônio-20 fosse formado a partir de prótons e nêutrons isolados. Pensando no processo inverso, essa seria a mínima energia que deveria ser absorvida pelo núcleo de neônio-20 para acarretar sua fragmentação (desintegração) nos prótons e nêutrons separados. Por isso, 157 MeV é chamada de **energia de ligação do núcleo** de neônio-20.

32. Alternativa B. O número de massa do isótopo mencionado informa que seu núcleo é constituído de 20 núcleons (prótons e nêutrons). Assim, ao dividir a energia de ligação do núcleo (157 MeV) por 20, determinamos qual é a **energia de ligação por núcleon** (7,85 MeV).

Atividade em grupo – item 9

A atividade cria a oportunidade para que os estudantes reflitam sobre o aprendizado desenvolvido acerca da origem dos elementos químicos (itens 7 a 9) e compartilhem-no com a comunidade. Espera-se que incluam, na sua produção, a informação (fornecida no item 9) de que o Sol e o Sistema Solar **não** são uma primeira geração de astros. Se fossem, conteriam apenas hidrogênio, hélio e pequeníssima quantidade de lítio, provenientes do *big bang*. Diferentemente disso, são constituídos de materiais que foram violentamente ejetados de uma geração anterior de estrelas que chegaram ao estágio de supernova.

Essa proposta foi escolhida porque requer a mobilização da estrutura cognitiva para realizar a integração de diversos saberes e a orquestração de múltiplas capacidades, possibilitando o desenvolvimento de diferentes habilidades da BNCC.

Aplicando conhecimentos

33. Alternativa D. O trecho do artigo apresenta argumentos que corroboram a teoria de que a maioria dos elementos químicos foi formada por processos nucleares relacionados à evolução estelar. Primeiramente, ele se refere ao fato de que transformações nucleares ocorrem rotineiramente no interior de estrelas. Em segundo lugar, ele menciona que a distribuição dos elementos químicos no Universo precisa estar atrelada a mecanismos que espalhem seus átomos pelo Cosmo e argumenta que as explosões de supernovas são, provavelmente, o mais eficiente dos mecanismos para provocar esse espalhamento.

34. Alternativa C. O núcleo do isótopo ferro-56 é, de todos os núcleos atômicos, o que apresenta a maior energia de ligação por núcleon, ou seja, é o mais estável em relação aos núcleons isolados. Assim, sua formação é possível em processos de fusão nuclear, desde que a temperatura do núcleo estelar seja suficientemente alta, o que pode ocorrer em estrelas com massa muito elevada. Nosso Sistema Solar originou-se de uma nébula que continha restos da explosão de estrelas que existiram antes de sua formação e explodiram como supernovas. Assim, os átomos do elemento químico ferro existentes na Terra já existiam quando o planeta se formou.

35. **Primeiro processo**: para o produto ${}^{b}_{a}X$, o balanço de números de massa conduz a $b = 24$, e o balanço das cargas nucleares fornece $a = 12$. Procurando $Z = 12$, na tabela periódica, encontramos o magnésio. Assim, X é o nuclídeo ${}^{24}_{12}Mg$.
Segundo processo: para o produto ${}^{d}_{c}Y$, o balanço de números de massa conduz a $d = 23$, e o balanço das cargas nucleares fornece $c = 11$. Procurando $Z = 11$, na tabela periódica, encontramos o sódio. Portanto, Y é o nuclídeo ${}^{23}_{11}Na$.
Terceiro processo: para o produto ${}^{f}_{e}Z$, o balanço de números de massa conduz a $f = 20$, e o balanço das cargas nucleares fornece $e = 10$. Procurando pelo número atômico 10, na tabela periódica, encontramos o neônio. Então, Z é o nuclídeo ${}^{20}_{10}Ne$.
Quarto processo: para o produto ${}^{h}_{g}W$, o balanço de números de massa conduz a $h = 16$, e o balanço das cargas nucleares fornece $g = 8$. Procurando $Z = 8$, na tabela periódica, encontramos o oxigênio. Assim, concluímos que W é o nuclídeo ${}^{16}_{8}O$.

36. **a)** Cada seta roxa indica um processo em que ocorre aumento de um nêutron sem alteração de número atômico. Assim, cada uma dessas setas representa uma captura neutrônica.
b) ${}^{128}_{54}Xe + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{129}_{54}Xe$
c) Cada seta laranja indica um decaimento beta, pois ocorre diminuição de um nêutron e aumento de um próton.
d) ${}^{139}_{56}Ba \rightarrow {}^{139}_{57}La + {}^{0}_{-1}\beta$

Atividades finais

1. Alternativa B. A equação é: ${}^{131}_{53}I \rightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{b}_{a}y$. O balanço de números de massa fornece $b = 0$, e o balanço das cargas nucleares fornece $a = -1$. Trata-se da partícula beta, ${}^{0}_{-1}\beta$.

2. Alternativa A. Em alguns núcleos instáveis, ocorre a decomposição de um nêutron em um próton, um antineutrino e um elétron. Esse elétron é emitido com alta velocidade, ou seja, com elevada energia cinética translacional (isto é, energia associada ao seu deslocamento). Nesse contexto, o elétron emitido é denominado partícula beta.

3. Alternativa A: 100% → 50% → 25% → 12,5% → 6,25% → 3,125% → 1,56% → 0,78% → 0,39% → 0,196% → 0,098%.

4. Alternativa D. Após 5 meias-vidas, 1,00 g se reduz a 0,03125 g. Expressando com três algarismos significativos: 31,3 mg.

5. Polônio-208: o tempo total transcorrido (12 anos) equivale a 4 vezes a meia-vida (3 anos). Dobrando-se a massa de 50 mg quatro vezes sucessivas, chegamos a 800 mg.
Rádio-224: o tempo total transcorrido (12 anos) equivale a 2 vezes a meia-vida (6 anos). Dobrando-se a massa de 50 mg duas vezes sucessivas, chegamos a 200 mg.
Portanto, a massa inicial total é de 1.000 mg.
As equações dos processos de decaimento são:
$^{208}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{204}_{82}\text{X}$
$^{224}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{224}_{89}\text{Y}$
Consultando os números atômicos na tabela periódica, $Z = 82$ corresponde ao chumbo (Pb) e $Z = 89$ corresponde ao actínio (Ac). Portanto, no decaimento do Po-208, forma-se $^{204}_{82}\text{Pb}$, e, no decaimento do Ra-224, forma-se $^{224}_{89}\text{Ac}$.

6. Alternativa B. A equação é: $^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow x\,{}^{4}_{2}\alpha + y\,{}^{0}_{-1}\beta + {}^{209}_{83}\text{Bi}$.
Por meio do balanço de números de massa, chegamos a $x = 7$, e, por meio do balanço das cargas nucleares, a $y = 4$.

7. Alternativa D. Para que ocorra o decaimento a 25%, o tempo total transcorrido deve ser de duas meias-vidas ($2 \cdot 5.730$ anos). Assim, a árvore foi soterrada há 11.460 anos.

8. Alternativa C. A datação por carbono-14 se aplica a objetos não vivos, que contenham carbono e que, um dia, foram parte de um ser vivo, pois o método se baseia na comparação entre o teor de carbono-14 nos seres vivos e na amostra que já não está mais viva. Em **I**, o artefato de bronze não é nem foi parte de um ser vivo. Em **II**, a mangueira está viva. Em **III**, o corpo humano mumificado não está vivo, mas um dia esteve. Assim, o método se aplica apenas para estimar a idade do material **III**.

9. Alternativa A. Sendo conhecida a proporção entre C-14 e C-12 na atmosfera ao longo dos anos, sabe-se qual é essa proporção nos seres vivos. Após a morte, o teor de C-14 diminui, mas o de C-12 não. Assim, determinar a proporção entre C-14 e C-12 em um achado arqueológico possibilita inferir há quanto tempo morreu o ser vivo cujos restos constituem esse achado.

10. Alternativa B. Considerando a representação $^{A}_{Z}\text{T}$, o balanço de números de massa conduz a $A = 90$, e o balanço das cargas nucleares fornece $Z = 37$.

11. Alternativa A. Ainda que a quantidade total de resíduos seja pequena, se comparada a outros tipos de rejeitos, o lixo nuclear precisa ficar acondicionado de forma segura, por milhares de anos, até que deixe de emitir radiação em níveis perigosos. Não há como interromper artificialmente o decaimento radioativo dos radioisótopos presentes no lixo nuclear.

12. Alternativa D. A geração de energia por meio de reações nucleares não produz gases de efeito estufa. No entanto, no caso de um acidente, as consequências são graves, pois um alto nível de emissão de radioatividade pode ocasionar grandes prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. Assim, os dois argumentos são válidos ao ponderar sobre vantagens e riscos dessa modalidade de geração de energia.

13. Alternativa A. A explosão de uma bomba atômica consiste na rápida fissão nuclear em cadeia de isótopos adequados, como o urânio-235.

14. Primeiro processo: Considerando a representação $^{b}_{a}\text{X}$, o balanço de números de massa resulta em $b = 9$, e o balanço das cargas nucleares conduz a $a = 4$. Consultando a tabela periódica, concluímos que o elemento de número atômico 4 é o berílio. Assim, o nuclídeo X é $^{9}_{4}\text{Be}$.
Segundo processo: Representando o nuclídeo resultante por $^{d}_{c}\text{Y}$, o balanço de números de massa fornece $d = 11$, e o balanço das cargas nucleares permite obter $c = 5$. Procurando, na tabela periódica, o elemento de número atômico 5, encontramos o boro. Portanto, Y é o nuclídeo $^{11}_{5}\text{B}$.

15. Alternativa B. Pelo balanço de cargas nucleares, concluímos que o número atômico de X deve ser igual ao do bismuto; então, o nuclídeo produzido é desse mesmo elemento. O balanço dos números de massa permite deduzir que o número de massa do nuclídeo produzido é 210. Trata-se, portanto, do ^{210}Bi.

Referências suplementares

CAIRES, L. Maior acelerador de partículas do mundo passa por um *upgrade*. O que vem por aí? **Jornal da USP**, 2019. Disponível em: https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/maior-acelerador-de-particulas-do-mundo-passa-por-um-upgrade-o-que-vem-por-ai/. Acesso em: 31 out. 2024.

Artigo sobre o Grande Colisor de Hádrons (conhecido pela sigla LHC, do inglês *Large Hadron Collider*) da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN).

CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, S. M. V. **Aplicações da energia nuclear na saúde**. São Paulo: SBPC; Viena: IAEA 2017. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/material-divulgacao-videos-imagens-publicacoes/publicacoes-1/aplicacoesenergianuclearnasaude.pdf. Acesso em: 31 out. 2024.

Apostila educativa publicada pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e pela Agência Internacional de Energia Nuclear (IAEA).

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (Ipen). **Produção de radiofármacos no Ipen**. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id59&campo=1911. Acesso em: 31 out. 2024.

Vídeo didático sobre a produção de radiofármacos no Ipen e que tem como objetivo esclarecer pontos relacionados à produção e à importância desse tipo de fármaco.

OKUNO, E. **Radiação**: efeitos, riscos e benefícios. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2018.

A obra aborda os conceitos físicos básicos sobre as radiações, seus efeitos biológicos, formas de proteção contra elas e suas aplicações na indústria e na Medicina, particularmente no tratamento do câncer.

OKUNO, E. Rejeitos radioativos. **Jornal da USP**, 2019. Disponível em: https://jornal.usp.br/artigos/rejeitos-radioativos/. Acesso em: 31 out. 2024.

A autora apresenta dados sobre os resíduos de reatores nucleares e discute o problema de sua disposição segura.

PHET. **Radiação alfa**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt/simulations/alpha-decay. Acesso em: 31 out. 2024.

Aplicativo *on-line* que simula decaimentos alfa.

PHET. **Decaimento beta**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt/simulations/beta-decay. Acesso em: 31 out. 2024.

Simulador que mostra o que ocorre nos decaimentos beta.

PHET. **Fissão nuclear**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/nuclear-fission. Acesso em: 31 out. 2024.

Permite simular a fissão nuclear e também a reação em cadeia que ocorre em um reator nuclear, verificando diferentes situações de andamento (ou não) da reação em cadeia quando as barras de controle que absorvem nêutrons são removidas, parcial ou totalmente, da posição entre as barras de material físsil.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **2**, **4**, **7**, **8** e **11** a **13**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nas atividades das duas seções *Em destaque* e na *Atividade em grupo* do item 9.

Capítulo 24 Nanotecnologia

Objetivos do capítulo

- Compreender os objetos de estudo da nanotecnologia e o que são nanomateriais, reconhecendo que suas aplicações têm relação com a escala nanométrica de suas dimensões.
- Relacionar algumas das propriedades dos nanomateriais com sua elevada área superficial.
- Saber o que são os pontos quânticos e conhecer algumas das suas aplicações.
- Perceber como o desenvolvimento da tecnologia de microscopia está relacionado ao estudo dos nanomateriais.
- Conhecer aplicações relevantes de avanços tecnológicos em nanomateriais, nanobiotecnologia e nanoeletrônica.
- Compreender a necessidade de permanente atenção das autoridades para estudar os efeitos de nanomateriais sobre a saúde humana e a qualidade do meio ambiente, para tomar as providências normativas necessárias e para garantir o descarte apropriado de produtos de nanotecnologia, conforme seja necessário, ao final de seu ciclo de utilização.
- Refletir sobre os impactos decorrentes da plataformização do trabalho.

Sugestões didáticas e comentários

O termo "nanociência" faz alusão ao estudo dos fenômenos e da manipulação de materiais na escala atômico-molecular, na qual propriedades da matéria são diferentes daquelas encontradas em materiais de mesma constituição química em fases condensadas na escala macroscópica. Já o termo "nanotecnologia" engloba as técnicas relacionadas à produção de nanomateriais, à caracterização desses produtos e ao desenvolvimento de aplicações práticas.

Quando nos referimos a dimensões nanométricas, referindo-nos a comprimentos que, de modo geral, estão na faixa de 1 nm a 100 nm. Esses limites não devem ser considerados absolutamente rígidos, mas uma referência didática para trabalhar o tema em uma perspectiva compreensível a estudantes de Ensino Médio.

Materiais nanométricos – aqueles que têm ao menos uma das três dimensões na faixa mencionada – distinguem-se de materiais comuns porque apresentam propriedades condicionadas por suas dimensões estruturais; os átomos, ou íons ou as moléculas presentes na superfície podem atuar de forma diferenciada em relação àqueles presentes no interior da partícula, por não estarem igualmente rodeados em todas as direções e não estabelecerem todas as ligações (interatômicas e/ou intermoleculares) que estariam aptos a estabelecer, o que torna possível que interajam com outros átomos, íons ou moléculas externos à partícula.

A nanocaracterização envolve a medição de diversas características e propriedades de um nanomaterial, como dimensões, formato, área superficial, reatividade e toxicidade. Ela é relevante, pois, entre outros motivos, indica se o material produzido pode ser empregado em determinada aplicação e também fornece informações aos cientistas para conduzir experimentos de modo a obter nanomateriais com propriedades de interesse.

Este capítulo oferece uma visão geral de aspectos fundamentais de nanomateriais, nanobiotecnologia e nanoeletrônica. Ele também destaca que a nanotoxicologia estuda a toxicidade de nanomateriais em diferentes sistemas biológicos – como células, tecidos e organismos vivos – bem como os potenciais problemas ambientais e de saúde que podem decorrer da utilização em larga escala de nanopartículas, uma vez que o seu tamanho partículas facilita a dispersão no ambiente e dificulta a remoção por meio de técnicas convencionais.

Por dentro da BNCC

As temáticas abordadas e as atividades propostas neste capítulo propiciam que sejam desenvolvidas as **competências gerais 2**, **5**, **6** e **7** e as habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT107**, **EM13CNT206**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**, **EM13CNT307**, **EM13CNT308**, **EM13CNT309** e **EM13CHS403**.

O capítulo também trata de assuntos pertinentes aos **TCT**: **Ciência e Tecnologia** (macroárea de mesmo nome), **Saúde** (macroárea de mesmo nome) e **Trabalho** (macroárea **Economia**).

Resoluções e comentários

Mundo do trabalho – Plataformização do trabalho

Recomenda-se a leitura da seção em sala, com pausas para ajudar os estudantes na interpretação de suas passagens e dos textos nela transcritos. A abordagem e a discussão precisam ser conduzidas com bastante cuidado e sensibilidade, porque a plataformização do trabalho pode estar presente na realidade local, tendo papel de destaque na atividade profissional de pais ou de responsáveis e contribuindo para o sustento de famílias da comunidade atendida pela escola.

1. Respostas pessoais. Ajude os estudantes a perceberem que a distribuição do serviço – com cálculo de preços automatizado, cruzando dados da oferta do serviço e da demanda pelos consumidores – é similar a um leilão da seguinte maneira: há um "lance" que o prestador e o consumidor podem ou não aceitar. Destaque que, nessa lógica, não são considerados outros critérios para uma precificação justa e essencial para garantir um serviço seguro e de qualidade, aliado a condições de trabalho dignas. Isso pode prejudicar os consumidores que precisam do serviço em momentos de baixa disponibilidade e, principalmente, acarretar aos prestadores de serviço uma pressão para aceitar valores irrisórios pelo seu trabalho.
2. Respostas pessoais. Reforçando o que já comentamos, é preciso que o docente atue com tato e empatia ao conduzir essa discussão, pois o sustento de alguns estudantes pode ser proveniente da atuação de familiares em plataformas. Nesse sentido, valem problematizações como: Que riscos futuros podem existir para a saúde de um trabalhador que prolonga continuamente a sua jornada de trabalho, exercendo, por exemplo, um turno em uma atividade presencial (digamos, como vendedor, garçom, cuidador de idoso ou auxiliar de enfermagem) e outro como prestador de serviço por plataforma (como motorista de aplicativo ou entregador)? Como isso pode interferir na qualidade de ambos os serviços prestados? Quais são os principais interesses das plataformas ao incentivarem desmedidamente "esforços" individuais dos prestadores de serviços?
3. Respostas pessoais. Aqui também são esperadas críticas sociais e éticas. É conveniente incluir na discussão, caso os estudantes não o façam, as questões referentes àqueles direitos trabalhistas a que um profissional abdica ao, motivado muitas vezes por necessidade financeira, aceitar a prestação de serviços sem vínculo trabalhista. Isso implica perda de direitos como fundo de garantia por tempo de serviço, férias remuneradas, décimo terceiro salário e contribuição para a previdência social.

Atividade em grupo – item 6

Esta atividade propõe aos estudantes que pesquisem sobre a regulamentação da venda de novos produtos de diversas áreas, como saúde, alimentação e tecnologia. Auxilie-os a identificar que existem instituições que analisam os produtos a fim de verificar se eles são seguros. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), por exemplo, tem entre suas atribuições normatizar e fiscalizar produtos como medicamentos, cosméticos, perfumes e itens de higiene pessoal, a fim de que não ofereçam riscos à saúde.

Ao falar sobre as dificuldades de regulamentar áreas nas quais a inovação é muito rápida, ressalte que tornar obrigatória a caracterização dos nanomateriais quanto a parâmetros como tamanho, reatividade e toxicidade é fundamental para a atualização dos regulamentos referentes a esses materiais. Além disso, estudar os impactos dos nanomateriais é essencial para o desenvolvimento de metodologias que visam à redução ou à eliminação das eventuais consequências negativas deles no meio ambiente. (Alguns dos capítulos de Santos Junior e Martins 2023 podem ser bastante oportunos; consulte *Referências suplementares*).

Oriente os estudantes, durante a formação dos grupos e o planejamento dos vídeos. É importante incentivá-los a escolher argumentos legais e éticos que embasem suas opiniões, bem como insistir que realizem propostas de melhoria, conforme solicitado na atividade. Os vídeos podem ser apresentados para a turma, estimulando o debate sobre o tema. Se considerar oportuno, eles podem também ser divulgados nas plataformas digitais da instituição para informar e conscientizar a comunidade escolar.

Atividades finais

1. a) O comprimento de 1 cm equivale a $1 \cdot 10^{-2}$ m.
O número de segundos em 1 mês de 30 dias pode ser calculado pela seguinte multiplicação:

$$1 \text{ mês} \cdot \frac{30 \text{ dia}}{1 \text{ mês}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 2{,}6 \cdot 10^{6} \text{ s}$$

Então, 30 dias equivalem a $2{,}6 \cdot 10^{6}$ s.
Para determinar a taxa de crescimento do fio de cabelo, realizamos a seguinte divisão:

$$\frac{1 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{2{,}6 \cdot 10^{6} \text{ s}} = 3{,}8 \cdot 10^{-9} \text{ m/s} = 3{,}8 \text{ nm/s}$$

Então, o fio de cabelo cresce 3,8 nm a cada segundo.

b) Considerando que as unhas cresçam 3 mm ($3 \cdot 10^{-3}$ m) em 30 dias, o que é uma consideração razoável, basta dividir este valor por $2{,}6 \cdot 10^{6}$ s para obter a taxa de crescimento:

$$\frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2{,}6 \cdot 10^{6} \text{ s}} = 1{,}2 \cdot 10^{-9} \text{ m/s} = 1{,}2 \text{ nm/s}$$

Então, dentro da consideração feita, a estimativa é de que as unhas cresçam 1,2 nm a cada segundo.

2. Alternativa D. O trecho "os compostos estão na ordem de milionésimos de milímetros, como na utilização de nanomateriais catalíticos nos processos industriais" faz alusão a nanopartículas que atuam como catalisadores. E, uma vez que as nanopartículas apresentam-se muito pulverizadas, isso confere a elas elevada superfície de contato com os reagentes da reação que catalisam.

3. Alternativa D. Uma gota de chuva, a cabeça de um alfinete, uma folha de papel-alumínio e os menores grãos de areia que podem ser vistos são materiais macroscópicos. Embora um *chip* processador de celular seja visível a olho nu, cada um dos transistores nele existentes apresenta dimensões nanométricas.

4. Alternativa C. Como exemplo do que é expresso na frase "descoberta de fármacos com ação terapêutica aperfeiçoada e com menores efeitos colaterais" podemos citar a utilização de nanopartículas para a entrega de fármacos. Como as nanopartículas permitem direcionar os fármacos para células específicas, sua ação terapêutica é aperfeiçoada e com menores efeitos colaterais.

5. a) Como os dois elementos químicos mencionados, cádmio (Cd) e o zinco (Zn), estão em um mesmo grupo da tabela periódica (grupo 12), apresentam algumas propriedades químicas similares.

b) Espera-se que os estudantes se manifestem atribuindo responsabilidade aos fabricantes quanto ao estabelecimento da logística reversa dos equipamentos com esse tipo de componente. A logística reversa consiste em procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial para reaproveitamento ou para dar outras destinações finais ambientalmente adequadas. A logística reversa deve ser uma responsabilidade dos produtores de dispositivos eletrônicos com telas de pontos quânticos, pois o cádmio é um metal extremamente tóxico.

c) A expectativa é de que os estudantes atribuam ao consumidor a responsabilidade de descartar o produto em postos de coleta adequados, que os enviarão posteriormente ao fabricante.

d) Resposta pessoal. Esperam-se respostas que comentem que a educação científica e a realização de campanhas de conscientização são importantes para que a população saiba como fazer o descarte adequado e tenha conhecimento das consequências de não fazê-lo. Além disso, podem ser sugeridas penalizações por órgãos públicos aos cidadãos que descumpram a responsabilidade de descarte adequado. O governo deve ser ágil nas normatizações que obrigam os fabricantes a criar toda a cadeia de logística reversa para garantir que os componentes perigosos permaneçam nesse circuito fechado. Também é função do poder público fiscalizar a correta implementação e o adequado funcionamento da logística reversa.

Referências suplementares

ANTUNES, R. (org.). **Uberização, trabalho digital e Indústria 4.0**. São Paulo: Boitempo, 2020.

Coletânea de artigos escritos por pesquisadores com análises críticas sobre as mudanças que decorrem da expansão do trabalho digital e as consequências dos algoritmos usados na plataformização do trabalho.

BARREIRA, T. H. C.; NOGUEIRA, L. S. M. O trabalho no capitalismo industrial de plataforma e a saúde mental dos trabalhadores e trabalhadoras. *In*: SANTOS JUNIOR, J. L.; MARTINS, P. R. (org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**: debates na fronteira do conhecimento. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2023.

Capítulo em que as autoras discorrem a respeito de problemas decorrentes da plataformização do trabalho.

SANTOS JUNIOR, J. L.; MARTINS, P. R. (org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente**: debates na fronteira do conhecimento. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2023.

Livro que inclui diversos capítulos que analisam possíveis problemas ambientais decorrentes da nanotecnologia e expresssam a necessidade de boas práticas regulatórias. Pode ser baixado gratuitamente. Disponível em: https://editorialpaco.com.br/ebook/gratis/9788546226504.pdf. Acesso em: 31 out. 2024.

TOMA, H. E. **Nanotecnologia molecular**: materiais e dispositivos. São Paulo: Blucher, 2016. v. 6. (Coleção de Química conceitual.)

Escrito por pesquisador brasileiro de nanotecnologia, esse livro apresenta diversas frentes de atuação dessa área e comenta grande quantidade de aplicações.

Proposta de avaliação

Solicite aos estudantes que apresentem a justificativa que os conduziu às respostas das atividades finais **1** a **5**. Isso possibilita avaliar a aprendizagem a respeito de aspectos relevantes deste capítulo. Utilize também a participação nos debates da seção *Mundo do trabalho* e na *Atividade em grupo*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

ARAUJO, N. R. **Ensino de ciências para alunos surdos**: uma proposta de termos específicos em língua brasileira de sinais. 2019. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: https://spo.ifsp.edu.br/images/phocadownload/DOCUMENTOS_MENU_LATERAL_FIXO/POS_GRADUA%C3%87%C3%83O/MESTRADO/Ensino_de_Ci%C3%AAncias_e_Matem%C3%A1tica/Dissertacoes/2019/Nathane_Rocha_Araujo_2019_Dissertação.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

Dissertação que aborda vários temas sobre ensino para estudantes surdos.

ARIELY, D. **Desinformação**. Rio de Janeiro: Sextante, 2024.

O livro explora as bases psicológicas e emocionais que levam as pessoas a acreditar e disseminar desinformação e *fake news*. Discute o negacionismo, os vieses cognitivos e as estratégias para combater a desinformação.

ARREDONDO, S. C.; DIAGO, J. C. **Avaliação educacional e promoção escolar**. Curitiba: Intersaberes, 2013.

O livro apresenta a avaliação educacional sob diversas perspectivas, discorrendo sobre evolução do conceito, abordagens, estrutura, funções, objetivos, âmbitos e circunstâncias.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

Documento que estrutura as etapas da Educação Básica no Brasil.

BRASIL. Ministério da Educação. **Temas contemporâneos transversais na BNCC**. Brasília, DF: MEC, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

Documento que mostra a articulação dos temas contemporâneos transversais com a BNCC.

BRASIL. Senado Federal. **Estatuto da Pessoa com Deficiência**. 3. ed. Brasília, DF: Senado Federal; Coordenação de Edições Técnicas, 2019. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/554329/estatuto_da_pessoa_com_deficiencia_3ed.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

O documento apresenta o texto da Lei nº 13.146/2015, que constitui a Lei de Inclusão da Pessoa com Deficiência.

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA. **Currículo de referência em tecnologia e computação**: da Educação Infantil ao Ensino Fundamental. São Paulo: Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB), 2018.

Proposta que inclui marcos conceituais, bases teóricas e metodológicas para ensino de tecnologia e computação em consonância com a BNCC.

EDUCAETHOS. **7 formas de organização do ambiente da sala de aula**, nov. 2019. Disponível em: https://educaethos.com.br/organizacao-da-sala-de-aula/. Acesso em: 13 set. 2024.

Artigo que mostra variadas possibilidade de organização da sala de aula e atividades adequadas para usufruí-las.

EDUCAMÍDIA. [Página inicial]. **Instituto Palavra Aberta**, [2024]. Disponível em: https://educamidia.org.br/. Acesso em: 12 set. 2024.

O Instituto Educamídia produz diversos materiais voltados à educação midiática, inclusive vídeos que podem ser projetados ou indicados para os estudantes como subsídio para suas produções.

FERNANDES, D. Para uma teoria da avaliação no domínio das aprendizagens. **Estudos em avaliação educacional**, v. 19, n. 41, set./dez. 2008. Disponível em: https://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1454/1454.pdf. Acesso em: 23 ago. 2024.

O artigo discute o processo de construção teórica da avaliação escolar, conceituando a avaliação formativa alternativa e estabelecendo conexões entre ela e o modelo somativo.

FERRARI, A. C. *et al*. **Guia da Educação Midiática**. São Paulo: Instituto Palavra Aberta, 2020. Disponível em: https://educamidia.org.br/guia. Acesso em: 17 out. 2024.

Aborda a importância de desenvolver habilidades de educação midiática, fornecendo orientações para educadores e estudantes.

HUGHES, G. Introducing ipsative assessment and personal learning gain: voices from practitioners and the themes of the collection. *In*: HUGHES, G. (ed.). **Ipsative assessment and personal learning gain**: exploring international case studies. London: Palgrave Macmillan, 2017.

O capítulo apresenta a avaliação ipsativa como uma abordagem diametralmente oposta a visões meritocráticas e propostas homogeneizadoras de avaliação escolar.

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. *In:* DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (ed.). **Teaching Scientific Inquiry**: Recommendations for Research and Implementation. Rotterdam: Taipei Sense Publishers, 2008.

Neste livro são mostradas algumas formas de trabalhar letramento científico com os estudantes.

KHINE, M. S. (ed.). **Computational thinking in the STEM disciplines**: foundations and research highlights. Cham: Springer, 2018.

Obra que aborda a implementação de fundamentos de pensamento computacional em Ciências da Natureza.

KHINE, M. S.; AREEPATTAMANNIL, S. (ed.). **STEAM education**: theory and practice. Cham: Springer, 2019.

Obra que aborda o ensino de Ciências na proposta STEAM.

KOBOW, B. S. Fictions as heuristic tools: toward an understanding of agency as the foundation of human and linguistic rights in the curriculum. *In*: BABACI-WILHITE, Z. (ed.). **Promoting language and STEAM as human rights in education**: science, technology, engineering, arts and mathematics. Singapura: Springer, 2019.

Capítulo de livro que explora relações entre ficção e ensino de Ciências.

KONG, S.-C.; ABELSON, H. (ed.). **Computational thinking education**. Singapura: Springer, 2019.

Obra sobre o ensino dos fundamentos do pensamento computacional.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

A obra aborda o processo avaliativo ao longo da história, detalhando algumas características e cuidados desse processo.

LUCKESI, C. C. Considerações gerais sobre avaliação no cotidiano escolar. **Impressão Pedagógica**, Curitiba, n. 36, p. 4-6, 2004.

Artigo que aborda diferentes formas de avaliação.

MANDELLI, M. T.; SOARES, D. H. P.; LISBOA, M. D. Juventude e projeto de vida: novas perspectivas em orientação profissional. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, Rio de Janeiro, v. 63, n. especial, p. 49-57, 2011. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672011000300006. Acesso em: 14 out. 2024.

Artigo com considerações e aspectos para trabalhar partes do projeto de vida com os estudantes.

MORTIMER, E. F. A BNCC do Ensino Médio: entre o sonho e a ficção. **Portal SBPC net**, São Paulo, 10 abr. 2018. Disponível em: https://portal.sbpcnet.org.br/noticias/a-bncc-do-ensino-medio-entre-o-sonho-e-a-ficcao/. Acesso em: 14 out. 2024.

Artigo que mostra aspectos práticos da aplicação da BNCC.

NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R. E. S. (org.). **Pesquisas em ensino de Ciências**: contribuições para a formação de professores. 5. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

Apresenta resultados de pesquisas sobre ensino de Ciências e discorre sobre possíveis impactos delas na formação de docentes.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR (NIC.BR); CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC.BR). **TIC Kids Online Brasil**: Pesquisa sobre o uso da Internet por crianças e adolescentes no Brasil – 2023. São Paulo: CGI, 2024. Disponível em: https://cetic.br/pt/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-da-internet-por-criancas-e-adolescentes-no-brasil-tic-kids-online-brasil-2023/. Acesso em: 13 set. 2024.

Pesquisa sobre hábitos de crianças e jovens no acesso à internet.

NUERNBERG, A. H. Contribuições de Vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 307-316, abr./jun. 2008.

Artigo que aborda metodologias para ensino de pessoas com deficiências visuais.

OECD. Are Students Ready to Take on Environmental Challenges? **OECD Publishing**, Paris, 8 dez. 2022. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/education/are-students-ready-to-take-on-environmental-challenges_8abe655c-en. Acesso em: 14 out. 2024

Análise de políticas e práticas educativas para a construção de um futuro ambientalmente sustentável.

OECD. Education at a Glance 2017: OECD Indicators. **OECD Publishing**, Paris, 12 set. 2017. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2017_eag-2017-en. Acesso em: 14 out. 2024.

Relatório sobre o estado da educação no mundo.

OECD. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy. **OECD Publishing**, Paris, 19 abr. 2017. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework_9789264281820-en.html. Acesso em: 14 out. 2024.

Artigo que mostra algumas formas de trabalho com estudantes de acordo com os preceitos do PISA.

PASTERNAK, N.; ORSI, C. **Contra a realidade**: a negação da ciência, suas causas e consequências. Campinas: Papirus 7 Mares, 2021.

No livro, os autores discorrem sobre os desdobramentos advindos do negacionismo, alertando para o perigo de descredibilizar as pesquisas científicas, que obedecem sempre a diversos e rigorosos métodos, em prol de informações distorcidas e não comprovadas.

PILATI, R. **Ciência e pseudociência**: por que acreditamos naquilo em que queremos acreditar. São Paulo: Contexto, 2018.

O livro contrapõe Ciência e pseudociência e explora algumas técnicas usadas por alguns propagadores de práticas pseudocientíficas para conseguir atingir um público cada vez maior.

REES, S.; NEWTON, D. **Creative chemists**: strategies for teaching and learning. Londres: Royal Society of Chemistry, 2020.

Livro a respeito do ensino de Química, que inclui abordagens sobre como criar vivências que possibilitem engajar diferentes perfis de estudante em situações de aprendizagem, estimulando que se apropriem de saberes científicos.

REIS, J. B. dos; JESUS, R. E. de. Culturas juvenis e tecnologias. *In*: CORREA, L. M.; ALVES, M. Z.; MAIA, C. L. (org.) **Juventude brasileira e Ensino Médio** (cadernos temáticos). Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. Disponível em: https://observatoriodajuventude.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/07/Caderno-04-Culturas-Juvenis-e-Tecnologias-2.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

Caderno temático que trata sobre ensino e como ele pode se relacionar com diferentes culturas juvenis.

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. A. **Educação em Ciências no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade, 2009.

Livro que aborda aspectos da educação em ciências no Brasil e sugere algumas ações para realizar em sala de aula.

SILVA, J. T. Educar com que objetivo? Para o sucesso ou para a busca da justiça? **Jornal da USP**, São Paulo, 29 ago. 2018. Disponível em: https://jornal.usp.br/artigos/base-nacional-comum-curricular-as-decisoes-pertencem-aos-estados/. Acesso em: 14 out. 2024.

Artigo que discute diferentes perspectivas visando refletir sobre a melhoria do ensino no país.

STEVENS, D. D.; LEVI, A. J. **Introduction to Rubrics**: An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback, and Promote Student Learning. Sterling: Stylus, 2005.

Livro que apresenta rubricas, como organizá-las e utilizá-las com os estudantes.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

Obra que aborda a relevância de refletir sobre aspectos indispensáveis na formação dos professores pensando no êxito da prática docente.

UNESCO. **The ABCs of Global Citizenship Education**. Paris: Unesco, 2017. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000248232. Acesso em: 14 out. 2024.

Documento que mostra relações entre educação e cidadania, considerando uma perspectiva global.

WEINSTEIN, Y.; SMITH, M. Seis estratégias para uma aprendizagem eficiente. Tradução de Leonardo Barrichello. **LearningScientists.org**, 2024. Disponível em: https://deape.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/50/2024/06/Seis-estrategias-para-uma-aprendizagem-eficiente.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

Material que mostra diferentes estratégias de estudo.

YOUNG, M. Para que servem as escolas? **Educação & Sociedade**, Campinas, SP, v. 28, n. 101, p. 1.287-1.302, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/es/a/GshnGtmcY9NPBfsPR5HbfjG/?lang=pt. Acesso em: 14 out. 2024.

Artigo que discute diferentes papéis que a escola pode ter e como podem influenciar as decisões dos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES COMENTADAS

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Este livro explora os princípios da Química, conectando conceitos fundamentais com questões do cotidiano.

ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 2. v.

Obra de referência em Físico-Química, publicada no Brasil em dois volumes.

BEDIN, E.; SIQUEIRA, L. E. Aprender pela pesquisa centrada no aluno e o ensino de química: uma avaliação primária. **Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – ReLAPEQ**, [*s. l.*], v. 7, 2023.

Artigo que avalia a eficácia de uma metodologia centrada na pesquisa e na curiosidade dos estudantes, mostrando resultados qualitativos e quantitativos baseados na interação professor-aluno.

BROWN, T. L. *et al*. **Química**: a Ciência central. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

Livro universitário de Química Geral ricamente ilustrado, que abrange desde temas introdutórios, como substâncias, reações e ligações químicas, até diversos temas da Físico-Química. Inclui abordagem da matéria em fases gasosa, líquida e sólida, dos cristais líquidos, da solubilidade de gases em líquidos e dos processos nucleares, incluindo o aproveitamento da energia nuclear na geração de energia elétrica.

DIAS, L. C. **Não há mundo seguro sem Ciência**: a luta de um cientista contra as pseudociências. São Paulo: Parábola, 2024.

Neste livro, um cientista defende o papel essencial da Ciência na sociedade, desmascarando pseudociências e ressaltando a importância do pensamento crítico para um mundo seguro.

FIORIN, J. L. **Argumentação**. São Paulo: Contexto, 2018.

Obra que explora os diversos aspectos envolvidos na argumentação. Explica os conceitos envolvidos e mostra os formalismos clássicos dos quais se originaram as formas de argumentação atualmente empregadas. Analisa as diversas técnicas argumentativas e fornece elementos para que o docente auxilie os estudantes em argumentações.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 13. ed. Porto Alegre: Bookman, 2023.

Livro que discute os princípios da Física priorizando a explicação dos conceitos. Obra bastante útil à formação continuada do docente de Química.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.; TREICHEL, D. A. **Química Geral e Reações Químicas**. 10. ed. Porto Alegre: Cengage Learning, 2023. v. 1.

Livro introdutório ao Ensino Superior, rico em esquematizações e fotografias. Serve como uma guia para a consulta de aspectos conceituais da Química.

LUCA, A. G.; SOUZA, A. L. F.; PIUCO, N. M.; LUZ, V. F. (org.). **Química em ebulição**. São Paulo: Livraria da Física, 2024.

Este livro reúne discussões sobre temas atuais em Química, incluindo novas descobertas científicas e questões ambientais.

MACHADO, E. da S.; GIROTTO JÚNIOR, G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Scientia Naturalis**, [*s. l.*], v. 1, n. 2, p. 43-57, 2019.

Artigo que discute a interdisciplinaridade no Ensino de Química com base na metodologia STEM/STEAM, explorando suas definições, perspectivas e aplicações.

MASSI, L. Contribuições da sociologia de Bourdieu para repensar a educação e o ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 321-328, 2017.

Artigo que explora a aplicação da sociologia de Pierre Bourdieu no contexto educacional, discutindo sua relevância para o ensino de Ciências.

PASTERNAK, N.; ORSI, C. **Ciência no cotidiano**: Viva a razão. Abaixo a ignorância! São Paulo: Contexto, 2023.

Nesse livro, os autores abordam temas científicos que costumam gerar dúvidas no público leigo, o que dá margem à aceitação de visões alternativas pseudocientíficas ou ligadas à desinformação.

PASTERNAK, N.; ORSI, C. **Que bobagem!** Pseudociências e outros absurdos que não merecem ser levados a sério. São Paulo: Contexto, 2023.

O livro apresenta algumas pseudociências, mostrando por quais motivos elas não passam pelo crivo da Ciência. Algumas dessas pseudociências são: astrologia, modismos de dieta e poder quântico.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C.; SNYDER, S. **Química Orgânica**. 13. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2024. 2. v.

Obra de referência que abrange os diversos aspectos da Química Orgânica, publicada no país em dois volumes.

TOMA, H. E. **Nanotecnologia molecular**: materiais e dispositivos. São Paulo: Blucher, 2016. v. 6. (Coleção de Química conceitual.)

Livro que enfoca a contribuição da Química para o desenvolvimento da nanotecnologia.

VINCENT-LANCRIN, S. *et al*. **Desenvolvimento da criatividade e do pensamento crítico dos estudantes**: o que significa na escola. São Paulo: Fundação Santillana, 2020.

Este livro examina como desenvolver criatividade e pensamento crítico em estudantes, explorando métodos e práticas educacionais baseados em pesquisas científicas.

ISBN 978-85-16-14044-1