

José Mariano Amabis
Gilberto Rodrigues Martho

Nicolau Gilberto Ferraro
Paulo Cesar Martins Penteado
Carlos Magno A. Torres
Júlio Soares

Eduardo Leite do Canto
Laura Celloto Canto Leite

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.

Código da coleção:
0198P21203

Código da obra:
0198P21203136

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS

HUMANIDADE E AMBIENTE

**MANUAL DO
PROFESSOR**

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias



MODERNA



JOSÉ MARIANO AMABIS

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Doutor e Mestre em Ciências, na área de Biologia (Genética), pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Professor aposentado do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do IBUSP.

GILBERTO RODRIGUES MARTHO

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Professor.

NICOLAU GILBERTO FERRARO

Licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Engenheiro Metalurgista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Diretor pedagógico.

PAULO CESAR MARTINS PENTEADO

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

CARLOS MAGNO A. TORRES

Bacharel em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

JÚLIO SOARES

Doutor em Ciências, na área de Física do Estado Sólido, pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Cientista.

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). 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). Professora.

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

HUMANIDADE E AMBIENTE

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1^a edição

São Paulo, 2020



Coordenação editorial: Fabio Martins de Leonardo, Rita Helena Bröckelmann

Edição de texto: Dino Santesso Gabrielli, Flávia Valério Esteves dos Reis, Jefferson Felix da Silva, Júlio Francisco Hisada Pedroni, Marcelo Pulido, Maria Carolina Bittencourt, Marilu Maranho Tassetto, Mauro Faro, Natalia Leporo Torcato, Caroline Silva de Matos

Assistência editorial: Beatriz Assunção Baeta, Giovanni Laranjo de Stefani, Heloise do Nascimento Calça

Assistência didático-pedagógica: Antônio Carlos Rodrigues de Amorim, Lígia Guimarães Mendes, Luiz Alberto de Paula, Maria Paula Correia de Souza, Rafaela Wiklich Sobrinho, Tatiana Ferraz Laganá, Thais Ribeiro Semprebom, Zanith Cook

Gerência de design e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de design e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: Otávio dos Santos, Ana Carolina Orsolin

Capa: Daniel Messias

Foto: Eric Isselee/Shutterstock. Detalhe do olho do camaleão-de-três-chifres (*Trioceros jacksonii*). Nativo das florestas úmidas do leste da África, mede cerca de 25 cm.

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Márcia Cunha do Nascimento

Editoração eletrônica: Setup Editoração Eletrônica

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Érika Kurihara, Nancy H. Dias, ReCRIAR Editorial, Renato da Rocha

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Moraes, Luciana Vieira, Joanna Heliszkowski

Coordenação de bureau: Rubens M. Rodrigues

Tratamento de imagens: Ademir Francisco Baptista, Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro

Pré-imprensa: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa

Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro

Impressão e acabamento:

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

Moderna plus : ciências da natureza e suas tecnologias : manual do professor. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Vários autores.

Obra em 6 v.

Conteúdo: O conhecimento científico -- Água e vida -- Matéria e energia -- Humanidade e ambiente -- Ciência e tecnologia -- Universo e evolução

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio).

20-39975

CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino integrado : Livro-texto : Ensino médio
373.19

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

EDITORIA MODERNA LTDA.

Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0_11) 2602-5510
Fax (0_11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil



SUMÁRIO

Orientações gerais sobre a obra

Introdução	IV
As Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio	IV
Pressupostos teórico-metodológicos da coleção e alinhamentos com a BNCC	V
O trabalho com competências, habilidades e valores	V
O pensamento crítico em Ciências	VI
Questões socioemocionais nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias	VI
A diversidade de estratégias didáticas	VI
Disciplinas em comunicação	VII
Características gerais da coleção	VII
Organização geral	VII
Organização dos capítulos	VIII
Estudantes de diferentes perfis	IX
Pensamento computacional.....	X
Leitura inferencial	XI
TDIC e a educação	XI
Planejamento de aula: sugestões de uso da coleção	XII
Avaliação	XIV
Referências bibliográficas complementares	XIV
Referências bibliográficas da coleção	XV

Orientações específicas do volume

Capítulo 1	XVII
Capítulo 2	XIX
Capítulo 3	XXIX
Capítulo 4.....	XXXII
Capítulo 5	XXXVII
Capítulo 6.....	XXXIX
Capítulo 7	XLVI
Capítulo 8	LI
Capítulo 9	LIV
Capítulo 10.....	LVI
Capítulo 11.....	LXIII
Capítulo 12.....	LXVI
Resoluções das Atividades Finais.....	LXX
Referências bibliográficas complementares do volume	LXXVI

Introdução

Neste *Suplemento para o professor* apresentamos esta coleção, estruturada em seis volumes e destinada ao Ensino Médio. Idealizados como instrumentos de apoio didático a professores e estudantes, esses livros 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 amplitude dos assuntos que tratamos 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 diversos volumes de acordo com seu projeto pedagógico, carga horária disponível e recursos de sua escola. Os temas tratados procuram envolver os estudantes na aventura do conhecimento a fim de capacitá-los a entender e a discutir os alcances e as limitações do empreendimento científico. Nossa projeto visa a 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 ajudá-lo nesse grande desafio.

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio

O ano de 2020 ficará marcado na História em razão do enorme desafio científico e social enfrentado pelas populações humanas face à grande pandemia da COVID-19, causada pelo coronavírus SARS-CoV-2. Em momentos como esse, os holofotes se voltam para a Ciência, cujas atividades rotineiras, muitas vezes ignoradas pela maior parte da população, passam a ser amplamente discutidas em diversas mídias. O trabalho realizado em laboratórios de pesquisa transforma os pesquisadores em atores principais, que ajudam o grande público a interpretar as notícias sobre a pandemia e suas consequências. A confiança e a credibilidade na Ciência podem ajudar os professores a motivar os estudantes na valorização do ensino na Educação Básica.

Por sua vez, a revolução na disseminação das informações por meios digitais vem produzindo mudanças sociais profundas, que se refletem no sistema escolar, tanto no ensino formal como nas ações educativas referentes à educação para a vida (SENE, 2011), facilitando a integração de conhecimentos. Os reflexos dessas rápidas mudanças na sociedade podem ser percebidos pela intensificação das reformas educacionais, cujo foco tem sido o desenvolvimento de habilidades e competências para a resolução de problemas e tomada de decisões em um mundo plural. É justamente esse o enfoque

do principal documento oficial brasileiro contemporâneo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O principal objetivo da BNCC é constituir um instrumento unificador e norteador das políticas públicas educacionais, servindo de referência para os currículos desenvolvidos em âmbitos estadual e municipal, garantindo as aprendizagens essenciais ao longo da escolaridade, sem deixar de levar em conta a autonomia das escolas e dos professores e a heterogeneidade da sociedade brasileira. A fundamentação pedagógica da BNCC tem como foco o desenvolvimento de competências, definidas como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), de habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), de atitudes e de valores, a fim de permitir aos indivíduos a resolução de demandas complexas do cotidiano, o pleno exercício da cidadania e a atuação no mundo do trabalho.

A BNCC valoriza o papel do Ensino Médio na sociedade contemporânea em uma perspectiva que abrange a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos, a preparação básica para o trabalho e a cidadania, o aprimoramento do educando como pessoa humana e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos. Enfatiza também a importância da computação e das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) na contemporaneidade.

De acordo com a BNCC, o Ensino Médio compõe-se de quatro áreas de conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cada uma delas integrando disciplinas com objetos de conhecimento comuns. Além das quatro áreas, há itinerários formativos organizados em eixos estruturantes, que incluem investigação científica e empreendedorismo. A esses itinerários acrescenta-se um eixo correspondente à formação técnica e profissional.

No caso das Ciências da Natureza, deixa de existir a clássica divisão nos componentes curriculares de Biologia, Química e Física e os grandes temas continuam a ser os tratados no Ensino Fundamental – matéria e energia, vida e evolução e Terra e Universo. As competências e habilidades são abrangentes e visam à interdisciplinaridade, com ênfase na investigação e nas aplicações dos conhecimentos científicos e tecnológicos e em suas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais. Os conhecimentos devem levar o jovem a elaborar argumentos, promover discussões, avaliar situações e fenômenos, apresentar propostas alternativas, tomar iniciativas e decisões e fazer uso criterioso de diversas tecnologias.

São três as competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, como mostrado a seguir.

Competências Específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

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. [...]
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. [...]
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). [...]

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília: MEC; SEB, 2018.

As competências visam integrar os três componentes curriculares (Física, Química e Biologia) e denotam também as visões teórico-metodológicas na abordagem da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). A cada uma das três competências específicas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio estão associadas habilidades, que permitem identificar melhor os conhecimentos das várias disciplinas e a integração proposta para a área, possibilitando diferentes arranjos entre duas ou mais disciplinas.

Outros aspectos interessantes já presentes nas competências do Ensino Fundamental e reforçados nesta etapa referem-se às possibilidades de interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento, como a área das Linguagens e suas Tecnologias, em especial nos estudos de gêneros textuais. A identificação, a elaboração e a utilização lógica por meio de argumentos válidos estão bastante reforçados nas competências e habilidades do Ensino Médio. De acordo com Kelly (2008), além de permitir avaliar os processos de construção do conhecimento, a argumentação está vinculada à própria linguagem científica. Para Silva (2008), por sua vez, a argumentação está presente no debate de pontos de vista distintos: compreensão de enunciados, avaliação de problemas e comunicação de ideias, entre outras atividades que integram o processo de ensino e aprendizagem em Ciências.

Pressupostos teórico-metodológicos da coleção e alinhamentos com a BNCC

Em consonância com a proposta da BNCC, a coleção buscou adotar abordagens teórico-metodológicas e estratégias variadas tornando-as mais significativas e aproximando o ensino de Ciências das realidades e experiências dos estudantes. Para tornar esse ensino mais atrativo para as juventudes contemporâneas é preciso superar a ideia de que os conteúdos das disciplinas se resumem a uma grande quantidade de nomes, fórmulas difíceis e processos desvinculados da realidade cotidiana. É importante sempre ressignificar o papel da Ciência na vida das pessoas, destacar as evidências de como ela nos ajuda a explicar situações da vida prática e levar os estudantes a perceber que a utilização do conhecimento científico ajuda a tomar decisões que impactam a sociedade e a desenhar cenários futuros.

A presente coleção visa a contribuir com o letramento científico, compromisso assumido desde os anos iniciais do ensino de Ciências. Para citar um exemplo concreto, relacionado a uma realidade que atualmente vêm afetando o mundo inteiro, na pandemia da COVID-19 o letramento ou a alfabetização científica tem sido fundamental para que os cidadãos compreendam e respeitem atitudes adotadas pelo poder público. A compreensão mais ampla da Ciência e de sua integração com outras áreas pode contribuir para que as pessoas identifiquem notícias falsas (*fake news*) e atuem contra sua disseminação, preavendo-se também contra preconceitos infundados. Além de compreender os conhecimentos científicos e de serem capazes de aplicá-los, é essencial que as pessoas entendam como tais conhecimentos são construídos, o que contribui para a desmistificação da Ciência e sua aproximação com a sociedade. Conhecer procedimentos e técnicas empregadas na pesquisa científica podem ajudar a interpretar questões do complexo mundo em que vivemos.

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 trabalho com competências, habilidades e valores

As competências propostas pelos documentos devem ser implementadas pela articulação de habilidades, atitudes e valores. Em nossa coleção, estas últimas são traduzidas em atividades e propostas pedagógicas que levam em conta as muitas dimensões da aprendizagem.

Alinhada à tendência de que o ensino deve priorizar a investigação e a descoberta, a coleção propõe, em seus textos, imagens e atividades, aos estudantes que vivenciem os fundamentos lógicos da construção do conhecimento

científico, instigando-os a descobri-los em uma perspectiva contextualizada. A ideia é levá-los a perceber que conhecer os fundamentos da Ciência e das tecnologias facilita a compreensão da trajetória da sociedade ao longo da História.

Além de apresentar conceitos de forma contextualizada, a coleção propõe atividades destinadas a desenvolver habilidades como a análise de gráficos e tabelas, elaboração e teste de hipóteses, interpretação e construção de textos, discussão e tomada de decisões etc. A aproximação entre os conteúdos programáticos e a realidade vivenciada pelo aprendiz contempla também as competências gerais e específicas da BNCC.

O desenvolvimento de atitudes e valores dentro de uma perspectiva de aproximação com a realidade está presente, na coleção, nos diversos conteúdos relacionados a temas como educação ambiental e educação para o consumo. É importante relacionar os impactos ambientais ao aumento do consumo e às mudanças nos sistemas econômicos. Isso operacionaliza o emprego de habilidades, atitudes e valores na construção da identidade do estudante e sua atuação na sociedade.

■ O pensamento crítico em Ciências

A educação formal é essencial para que os estudantes tenham acesso às múltiplas leituras possíveis daquilo que se convenciona denominar “realidade”, e para que eles possam explicar os fenômenos naturais com base nos princípios norteadores do saber científico e de maneira crítica. De acordo com o relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2017, para que o indivíduo consiga discutir criticamente questões científicas e tecnológicas, ele 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. (OCDE, 2017, p. 21, tradução nossa)

A coleção apresenta diversos fatos cujas explicações foram ou estão sendo construídas com base em experimentos e observações, incluindo seus aspectos de controvérsia. Para propiciar o desenvolvimento de habilidades como essa, os livros trazem a seção **Atividade prática**, em que são propostos experimentos, investigativos ou comprobatórios, e situações que envolvem fazeres práticos. Pode-se usar essa seção para levantar temas e orientar a elaboração de novos

significados, ampliando assim os repertórios dos estudantes ou ajudando-os a aplicar conhecimentos e habilidades. Há também a seção **Em destaque**, cujo objetivo é desenvolver a leitura compreensiva de textos que veiculam informações relacionadas com as Ciências da Natureza.

A BNCC enfatiza a importância de compreender e identificar atitudes relacionadas a escolhas pessoais, em esferas como o ambiente e a saúde, bem como a valorização do trabalho em equipe e a tomada de decisões pessoais que levem em conta tais atitudes. Para propiciar o desenvolvimento dessas atitudes e valores, os diferentes volumes da coleção tratam de temas e itens ligados à saúde e ao ambiente, além de contar com a seção **Atividades em grupo**, destinada a ampliar e desenvolver habilidades de pesquisa, análise crítica, argumentação e comunicação, estimulando o trabalho em equipe e o compartilhamento dos saberes com a comunidade.

■ Questões socioemocionais nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Um dos aspectos essenciais também na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é o trabalho com habilidades relacionadas ao desenvolvimento socioemocional e à construção de identidade por meio do conhecimento individual e das relações que o estudante estabelece com o outro e com o mundo. O Ensino Médio é uma fase importante para essa construção, que permeia também os projetos de vida.

Além de trabalhar aspectos específicos relativos à saúde, ao bem-estar, ao consumo e ao ambiente, entre outros que integram os Temas Contemporâneos Transversais, a coleção procura também abordá-los de forma contextualizada e relacionada às outras áreas, como é proposto pela BNCC. Entendemos que habilidades, atitudes e valores relativos ao desenvolvimento socioemocional são essenciais à construção de uma sociedade mais justa. A coleção estimula a criatividade para a solução de problemas, o trabalho colaborativo em diferentes etapas do processo investigativo, propondo reflexões individuais e coletivas sobre ideias em Ciência, estimulando também a busca e a proposição de soluções para os desafios atuais.

■ A diversidade de estratégias didáticas

A ideia de que estratégias didáticas diversificadas são importantes às práticas pedagógicas é consensual entre professores, pesquisadores e autores da área de educação. Diretrizes educacionais atuais e documentos curriculares apontam para essa necessidade, e a prática confere aos professores uma visão privilegiada de como a diversidade é capaz de promover processos de ensino e aprendizagem mais significativos. Materiais didáticos precisam estar alinhados e adequados para garantir um conjunto variado de aprendizagens que atinja todos os estudantes.

Esta coleção tem como pressuposto a necessidade do uso de diferentes estratégias didáticas. Assim, os conteúdos são

apresentados de maneiras variadas, estimulando o uso de ferramentas diversificadas e incorporando as tecnologias digitais de informação. Outro pressuposto da coleção diz respeito ao papel ativo do estudante no seu processo de aprendizagem, tendo o professor como participante essencial dessa construção. A coleção trabalha elementos de **metodologias ativas**.



Fonte: DIESEL, A.; MARCHESAN, M. R.; MARTINS, S. N. *Metodologias ativas de ensino na sala de aula: um olhar de docentes da educação profissional técnica de nível médio*. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/signos/article/view/1008>>. Acesso em: jun. 2020.

■ Disciplinas em comunicação

As mudanças influenciadas pelo processo de globalização social e econômica leva a uma comunicação mais rápida, à profusão de informações e à tendência a valorizar e conviver com as diferenças. Tais aspectos suscitam novas discussões acerca da interdisciplinaridade. Diante desse novo cenário, currículos, materiais e práticas devem incentivar a ligação entre os conhecimentos de diferentes áreas, valorizando uma visão mais abrangente sobre fenômenos, cultura, história e sociedade, capaz de levar o estudante a criar sua identidade, ter autonomia crítica e se relacionar com as diferenças.

O trabalho interdisciplinar e de integração não se limita a interligar os conteúdos das disciplinas, mas deve também propor mudanças de hábitos, recursos, métodos e práticas pedagógicas. Em sintonia com a BNCC do Ensino Médio, a coleção integra, em grandes temas, componentes curriculares de Biologia, Física e Química. Além de dispor os capítulos nos volumes visando a integrar essas disciplinas, as conexões interdisciplinares e de prática pedagógica estão presentes ao longo dos capítulos ou em atividades, em que esses aspectos são indicados para o professor. Essa abordagem permite trabalhar Temas Contemporâneos Transversais (TCTs), incorporados ao longo dos volumes.

Características gerais da coleção

Apresentamos a seguir as características gerais da coleção, eventualmente ampliando os **pressupostos teórico-metodológicos**, além de retomar as discussões dos itens anteriores.

■ Organização geral

Esta coleção é composta de seis volumes, que abordam conteúdos básicos das três disciplinas (Biologia, Física e Química) da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Os volumes podem ser trabalhados em qualquer sequência, uma vez que não há pré-requisitos nem aumento na complexidade pedagógica dos temas abordados em cada livro. A construção da grade proposta procurou englobar também os Temas Contemporâneos Transversais, conforme indica a BNCC.

Os conteúdos tradicionalmente trabalhados no Ensino Médio foram revistos, selecionados e reorganizados de forma a atender às competências gerais e específicas e às habilidades da BNCC para esta etapa do ensino, bem como às necessidades das temáticas escolhidas.

Cada volume tem metas e conteúdos específicos, articulados de modo a dar consistência à temática do volume. Por exemplo, um dos volumes trata da produção do conhecimento na área científica, trazendo em sua abertura alguns dos principais aspectos da metodologia utilizada em Ciências. Entre outros aspectos, esse livro focaliza o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo em Ciências da Natureza, levando o estudante a interpretar as representações empregadas por elas. Isso possibilita explorar, além dos conteúdos conceituais, aspectos pertinentes ao desenvolvimento dos temas contemporâneos transversais e às habilidades da BNCC.

O tema central de outro volume é a manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização, desde a composição molecular até a biosfera. Nele, é estabelecida uma ligação entre conceitos biológicos relacionados à importância da água para a vida e conceitos químicos e físicos, como a formação de soluções aquosas, a noção de solubilidade e a natureza dos fluidos, evidenciando relações interdisciplinares em Ciências da Natureza e como elas ajudam a resolver problemas e a analisar fatos cotidianos.

Outro volume dedica-se a desenvolver ideias científicas relacionadas à energia, entre elas sua quantificação, conservação e utilização pela sociedade. Trata também das transferências energéticas que ocorrem nos ecossistemas do planeta e da matéria e sua relação com a energia, como na reciclagem dos materiais nos ecossistemas e em sua quantificação, em diversos aspectos da física térmica e da termoquímica.

O tema gerador escolhido para outro volume da coleção visa a desenvolver nos estudantes a compreensão da relação íntima entre o ser humano e o meio que o cerca, o que favorece atitudes positivas, individuais e coletivas sobre o ambiente. Esse livro aborda conceitos de dinâmica das populações, de termodinâmica e de equilíbrio químico, discutindo processos que ocorrem em meios aquosos, com ênfase na acidez e na alcalinidade de soluções. Esses conceitos possibilitam múltiplos pontos de vista, – biológicos, físicos e químicos – acerca da poluição e suas implicações. Nesse contexto do ser humano em interação com o planeta, a obra também discute ondas eletromagnéticas e a tecnologia das comunicações.

A temática de outro volume desta coleção é voltada às atividades científicas e tecnológicas contemporâneas, exemplificadas pela engenharia genética e a criação de organismos transgênicos, pela nanotecnologia, pela eletricidade, eletrônica e por pilhas e baterias, bem como a aplicação atual e futura dessas atividades.

Não poderia faltar um volume orientado à discussão de temas como a origem do Universo, o ciclo evolutivo das estrelas, o surgimento dos elementos químicos, a origem da vida na Terra e a evolução das formas de vida, que conduziu à enorme biodiversidade que atualmente habita nosso planeta. Ao tratar desses temas, diversos conceitos científicos são empregados em um contexto multidisciplinar.

Organização dos capítulos

Cada um dos seis volumes está dividido em capítulos, que contemplam os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de acordo com o tema do volume. Os capítulos são estruturados de maneira similar, sempre contando com uma apresentação que discute o tema do capítulo, além de propostas de pesquisas complementares, atividades que possibilitam a construção do conhecimento e a aplicação dos conceitos desenvolvidos no decorrer do trabalho pedagógico. A linguagem empregada procura aliar a precisão conceitual da comunicação científica à clareza didática. Em diversas situações foi possível exemplificar com assuntos do cotidiano, o que torna conceitos e fenômenos científicos mais concretos para os estudantes.

Os capítulos contêm seções que visam a 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 atividades práticas.

As **atividades em grupo** ajudam os estudantes a desenvolver habilidades como pesquisa, seleção de informações, argumentação e comunicação; as questões propostas levam à ampliação, ao aprofundamento e à discussão do assunto dos tópicos do capítulo. Atividades desse tipo estimulam o trabalho em equipe e podem levar os estudantes a melhorar sua comunicação com os colegas. Além disso, também criam oportunidades para trabalhar habilidades e competências como a escrita e a divulgação e/ou a publicação dos resultados.

A seção **Dialogando com o texto** é diversificada e procura expandir o que está sendo trabalhado no capítulo. Além de aumentar a interatividade do estudante com o livro didático, essa seção também trabalha habilidades diversas, como analisar, compreender, definir, modelar, resolver, comparar e comunicar.

A seção **Atividade prática** propõe experimentos investigativos ou comprobatórios que podem ser feitos individualmente ou em grupo. Tais atividades estimulam o levantamento de hipóteses semelhantes às utilizadas pelos cientistas.

Na seção **Exercícios resolvidos** são apresentados exemplos de aplicação dos conteúdos, com o intuito de facilitar sua compreensão pelos estudantes, além de mostrar estratégias para a resolução de atividades.

A seção **Em destaque** apresenta textos de outras fontes, relacionados ao assunto apresentado, que permitem abordar diferentes aspectos inerentes à relevância da Ciência e auxiliam no desenvolvimento da capacidade de interpretação de textos.

A seção **Aplicando conhecimentos** traz questões diretamente relacionadas ao texto do capítulo, trabalhando habilidades diversificadas.

Todos os capítulos se encerram com a seção **Atividades finais**, que apresenta tanto questões do Enem e de vestibulares como exercícios mais elaborados e, em alguns casos, interdisciplinares, que abordam mais de um conteúdo.

■ Estudantes de diferentes perfis

Cada pessoa tem um estilo próprio de aprender fatos novos. O estilo de aprendizagem configura-se como um conjunto de condições por meio das quais os sujeitos começam a concentrar, a absorver, a processar e a reter informações e habilidades novas ou difíceis (DUNN; DUNN, 1978). A diversidade de estilos de aprendizagem reflete como as pessoas aprendem e se adaptam no ambiente em que estão inseridas.

O professor deve procurar compreender as diferentes formas de aprender e aplicá-las em sala de aula (CLAXTON; MURRELL, 1987). Conhecer os diferentes estilos de aprendizagem é importante para professores e instituições de ensino, uma vez que caracterizam as maneiras como as pessoas recebem e processam informações.

Há diversas maneiras de identificar o estilo de aprendizagem dos educandos, o que permite planejar estratégias pedagógicas eficazes e melhores oportunidades de aprendizado (LOPES, 2002). É importante destacar que os estilos de aprendizagem podem mudar ao longo do tempo, em função da maturidade do indivíduo. A intensidade com que cada pessoa aprende torna certos métodos eficazes para determinados públicos, e ineficazes para outros. Identificar essa variedade e atender a ela torna mais eficaz o processo de ensino e aprendizagem (JACOBSON, 2003).

O Inventário de Estilos de Aprendizagem (*Learning Style Inventory – LSI*), desenvolvido pelo teórico da educação David Kolb, em 1984, é um dos instrumentos de medida mais aplicados e divulgados sobre o tema. O Inventário de Kolb oferece um referencial para o ciclo educacional, ajudando a identificar o ritmo de estudo e a maneira como o estudante administra seu tempo, auxiliando a aprendizagem a ocorrer de forma organizada e disciplinada. Esse inventário é composto de algumas sentenças associadas a alternativas. O estudante atribui um peso a cada alternativa, de acordo com o que melhor descreve para ele atitudes e sentimentos quando está aprendendo. Assim, com base nos pesos dados pelo estudante, são calculados quatro índices.

1. Experiência Concreta (EC): um alto índice em experiência concreta aponta uma receptividade à abordagem fundamentada na experiência. Em geral, o estudante com esse estilo de aprendizagem considera desnecessárias as abordagens teóricas. Ele aprende melhor com exemplos específicos.
2. Conceitualização Abstrata (CA): esse índice corresponde a um aprendizado analítico e conceitual baseado principalmente no raciocínio lógico. Estudantes com esse estilo aprendem melhor com ênfase teórica e análise sistemática.
3. Observação Reflexiva (OR): um alto índice em abordagem reflexiva denota que o indivíduo aprende baseando-se em observações e julgando-as. Estudantes com esse estilo preferem aprender assistindo a aulas, o que lhes permite exercer o papel de observador.
4. Experimentação Ativa (EA): indica uma forte disposição em realizar atividades práticas. Estudantes com esse estilo aprendem com facilidade quando participam de projetos práticos, discussões em grupo e fazem tarefas de casa. Eles não gostam do aprendizado passivo, como assistir às aulas.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: PIMENTEL, A. A teoria da aprendizagem experiential como alicerce de estudos sobre desenvolvimento profissional. *Estudos de Psicologia*, Natal, RN, v. 12, n. 2, pp. 159-186. 2007.

É importante compreender os modos de aprendizagem do estudante, em outras palavras, seu estilo e preferências, pois eles ajudam o professor a escolher abordagens explicativas ou demonstrativas e materiais adaptados aos diferentes estilos dos estudantes de um grupo. No quadro abaixo, estão relacionadas as atividades integradas ao Inventário de Estilos de Aprendizagem de Kolb.

Experiência concreta	Observação reflexiva	Conceituação abstrata	Experimentação ativa
Exemplos de aula	Perguntas para reflexão	Palestras	Exemplos de aula
Conjuntos de problemas		Papers	Laboratórios
Leituras	Tempestade de ideias (<i>brainstorming</i>)	Analogias	Estudos de caso
Filmes		Leituras de textos	Tarefas de casa
Simulações	Discussões	Projetos	Projetos
Laboratórios		Modelos de construção	Trabalho de campo
Observações	Júris		
Trabalho de campo	Jornais	Modelos críticos	

Fontes: KOLB, D. A. *Experimental learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984. SVINICKI, M. D.; DIXON, N. M. *The Kolb model modified for classroom activities*. College Teaching, v. 35, n. 4, p. 141-146, 1987.

Nossa coleção inclui atividades para os estilos de aprendizagem de Kolb. De maneira geral, os exemplos de aula e o conjunto de problemas são abordados nas seções **Atividades práticas** e **Exercícios resolvidos**, ao passo que laboratórios, projetos e estudo de caso são contemplados apenas nas **Atividades práticas**. As discussões, tempestade de ideias, *papers* e leituras de textos são abordados nas seções **Dialogando com o texto**, **Em destaque** e **Aplicando conhecimentos**. Quando se utilizam diferentes abordagens em um curso, levando em conta os diferentes estilos de aprendizagem, os estudantes podem perceber que suas necessidades individuais estão sendo atendidas.

■ Pensamento computacional

O pensamento computacional pode ser entendido como um conjunto de técnicas que utiliza conceitos oriundos de ciência da computação para solucionar problemas, mas que não requer o uso de computadores para que seja utilizado ou ensinado. É um processo cognitivo, uma forma de pensar para analisar e resolver problemas – com capacidade crítica, criativa e estratégica – 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 foi objeto de ampla atenção em várias partes do mundo e, em diversos países, habilidades a ele relacionadas passaram a ser consideradas essenciais.

Há uma necessidade crescente de implementar sua abordagem no currículo escolar, a fim de desenvolver nos estudantes a criatividade e a capacidade de definir e resolver problemas que envolvam o reconhecimento 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 promoveu, nos últimos anos, o 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 e, em vez de se criar uma disciplina dedicada a ele, a expectativa é que as habilidades inerentes a ele sejam desenvolvidas em diferentes áreas do conhecimento e trabalhadas transversalmente em contextos variados.

No pensamento computacional, a maneira de abordar uma situação-problema envolve algumas ideias básicas. Uma delas, a *decomposição*, caracteriza-se pela quebra 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 os 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 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 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, portanto, uma estratégia para avaliar problemas e modelar suas soluções de forma eficiente e, assim, encontrar soluções genéricas para classes inteiras de problemas. Ele pode e deve ser vivenciado de forma integrada às Ciências da Natureza.

Ao longo dos volumes desta coleção, os desenvolvimentos de diversas situações-problema envolvendo Biologia, Física e Química – sejam eles realizados no Livro do Estudante ou indicados no Suplemento do Professor – englobam aspectos de pensamento computacional. De modo geral, optou-se por não rotular explicitamente tais aspectos com as terminologias mencionadas anteriormente, a fim de que o foco realmente esteja no desenvolvimento. Contudo, em alguns momentos, conforme conveniência pedagógica, é feita a apresentação explícita de algoritmos com o intuito de destacar sua relevância em algumas situações de Ciências da Natureza e/ou sua importância na automatização de procedimentos.

■ Leitura inferencial

Como vimos nos pressupostos teórico-metodológicos desta coleção, estratégias diversificadas são essenciais no ensino de Ciências. Uma dessas estratégias é o ensino por investigação, com o uso dos 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 a resolução de problemas práticos. 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 dos estudantes, o estímulo à leitura, análise e 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. Nossa coleção inclui diversas atividades que incorporam esse pressuposto, em consonância com a proposta da BNCC de desenvolver a capacidade argumentativa e inferencial, seja por meio de argumentos que embasam pontos de vista diferentes para temas científicos não consensuais, seja por meio de contraexemplos. Dentre as atividades que atendem a tal perspectiva, citamos a análise de textos, o debate de pontos de vista distintos, a compreensão de enunciados, a avaliação de problemas e a comunicação de ideias.

A abordagem de ensino por investigação em Ciências e a argumentação são pressupostos teórico-metodológicos desta coleção, que permitem desenvolver competências leitoras associadas à compreensão inferencial e lexical. As propostas baseadas nessas abordagens favorecem o desenvolvimento da habilidade de estabelecer associações apropriadas, identificando, no texto: incoerências entre ideias previamente construídas, generalizações indevidas, desvios do assunto principal ou uso de argumentos evasivos, que permitem inferir a falta de consenso entre as ideias ou a fragilidade argumentativa. Temos aqui importantes pontos de integração entre a área de Ciências e a de Linguagem.

■ TDIC e a educação

A sociedade atual é fortemente influenciada pela inserção das tecnologias digitais, que se intensificou nas últimas décadas do século XX e no decorrer do século XXI, levando-nos

a repensar sentidos do ensino-aprendizagem no mundo contemporâneo. Desde a homologação da BNCC, a discussão e a implementação do uso da tecnologia educacional vêm ocupando espaço importante nesse debate. Os recursos tecnológicos sempre encontraram um lugar para o desenvolvimento de novas propostas na educação, quer para facilitar a aprendizagem, quer para melhorar seu desempenho, com a criação e a organização de processos bem estruturados. O tema integra o item n. 5 das competências gerais do documento, que sugere às unidades

[...] 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. [...]

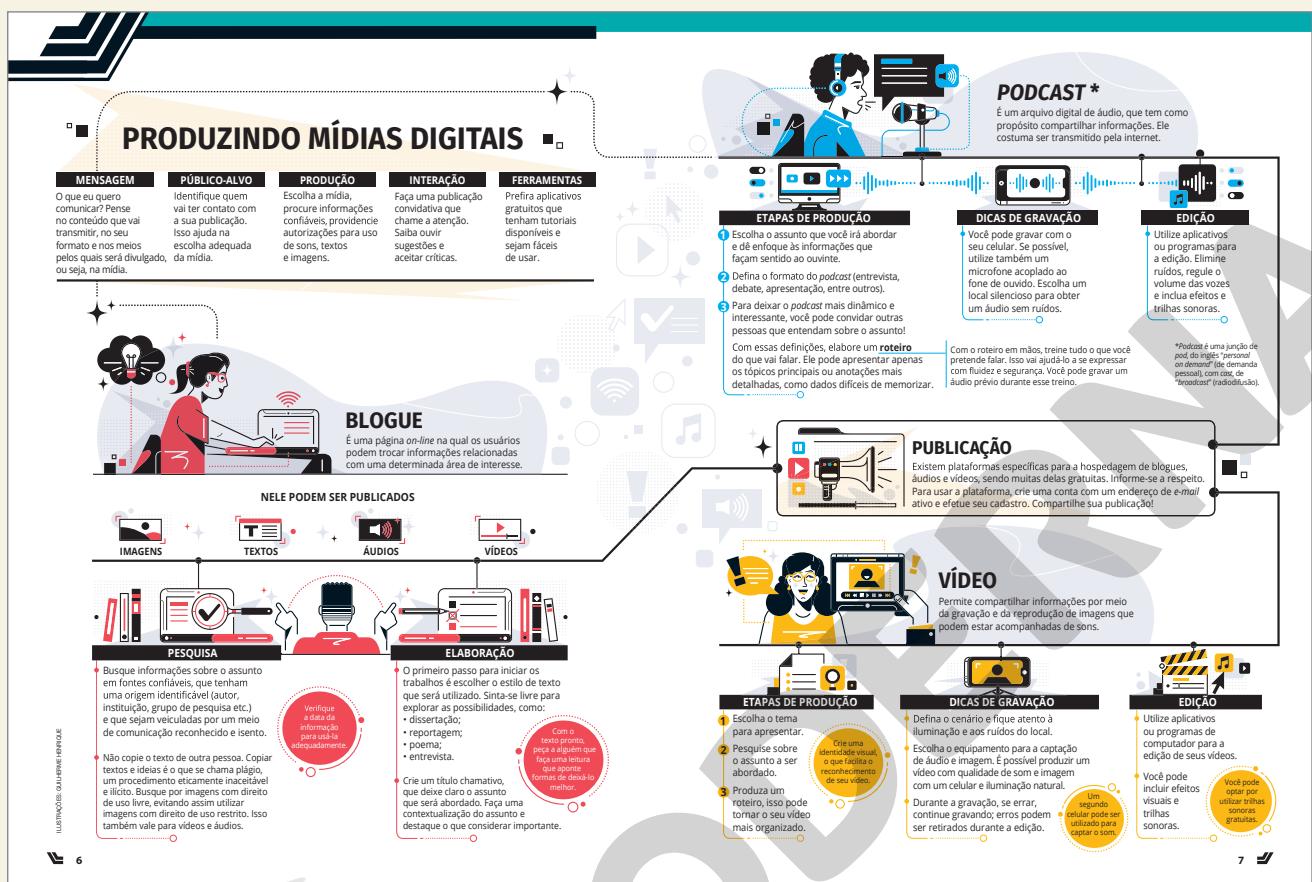
Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília: MEC; SEB, 2018, p. 9-10.

As práticas e todo o processo educativo devem ser objetos de reflexão, de modo que tecnologias digitais de informação e de comunicação (TDIC) passem a integrar as estratégias metodológicas de maneira transversal, sem entrar em atrito com as metodologias que vinham sendo aplicadas. Assim, é preciso incorporar as tecnologias digitais a outros meios e processos de ensino e aprendizagem. Não se trata apenas de mudar a forma de dar aula com recursos digitais, mas de se questionar e refletir sobre as práticas educativas que incluem pessoas interligadas em uma sociedade em rede.

Contudo, é preciso também levar em conta o fato de estarmos vivendo uma época de excesso de mídias sociais, em que os estudantes estão constantemente envolvidos com essa tecnologia fora da sala de aula, ao se dedicar a jogos eletrônicos, navegar na internet ou a compartilhar informações em redes sociais. Procure utilizar as TDIC de forma consciente e planejada, de modo que tal recurso favoreça e enriqueça a aprendizagem. Procure aplicar adequadamente essas novas tecnologias, compreendendo e manuseando com mais proximidade o conhecimento científico, a fim de criar um ambiente de aprendizagem em que estudantes e professores interajam de forma crítica e cooperativa.

Explore esse recurso na criação de projetos metodológicos que levem à produção e não à mera reprodução de conhecimento. Procure utilizar as TDIC como um recurso auxiliar e inovador no processo de ensino e aprendizagem. Antes de escolher entre os recursos digitais a serem utilizados em sala de aula, é importante se perguntar: Que mensagem queremos transmitir? Qual é o público-alvo dessa mensagem? Seja qual for a mídia escolhida (blogue, podcast, vídeo), a produção do conteúdo deve embasar-se em informações confiáveis, sem deixar de providenciar a autorização de textos de terceiros, imagens e vídeos, que não sejam de autoria própria. Procure utilizar aplicativos gratuitos que contenham tutoriais disponíveis e sejam de fácil utilização.

No início de cada volume dessa coleção, há um infográfico, **Produzindo mídias digitais**, com o objetivo de informar aos estudantes como transmitir informações confiáveis por meio de algumas mídias digitais. Em algumas atividades, eles são convidados a comunicar o resultado de suas pesquisas, descobertas e notícias e informações relevantes. Sempre que possível, estimule-os a consultar e a decidir qual é a melhor mídia para compartilhar as informações, voltando sempre à consulta desse infográfico.



Abordagens de ensino da tecnologia informacional são necessárias no ambiente de aprendizagem, visto que fazem parte da vida dos estudantes. Além disso, o acesso a outras informações, além do Livro do Estudante, oferece maneiras diferentes e criativas de apreender conceitos, mantendo os estudantes mais engajados no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, recursos da tecnologia informacional permitem ao professor desenvolver planos de estudo mais individualizados.

Planejamento de aula: sugestões de uso da coleção

São dois os aspectos mais importantes a serem considerados no processo de ensino e aprendizagem: as **competências**, que se referem às capacidades intelectuais, éticas e sociais a serem adquiridas ou implementadas pelos estudantes ao estudar o tema; e as **habilidades**, que são metas ou objetivos específicos a serem desenvolvidos, guiando o caminho para atingir as competências desejadas.

Cada escola e cada professor têm suas próprias preferências e diferentes realidades. Essa coleção divide-se em volumes e capítulos, abordando competências de Física, Química e Biologia sob o mesmo tema interdisciplinar. Cabe aos professores selecionar os conteúdos e as abordagens mais relevantes para o projeto pedagógico de sua escola.

A carga horária destinada a cada área varia de uma escola para outra. Há também diferenças no rendimento de uma turma para outra, e os professores podem dedicar um número maior de aulas a determinado assunto para uma turma e um número menor para outra. Saber identificar essas particularidades é fundamental para o sucesso pedagógico.

Para auxiliar no trabalho do professor em sala de aula, apresentamos algumas sugestões para o uso da coleção. A numeração dos volumes é tão somente para organização, pois os volumes da coleção são independentes e podem ser utilizados conforme a realidade da sua escola.

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – BIMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano

		1º ano		2º ano		3º ano
1º bimestre	V1	C1, C3, C4	V3	C3, C6	V5	C6, C7
		C1, C5, C7		C2, C7		C1, C2
		C1, C2, C6		C1, C4		C4, C5
		C9, C10		C9, C10		C9, C12
		C8, C13		C8, C12		C3, C10
		C11, C12		C5, C11		C8, C11
2º bimestre	V2	C3, C6	V4	C2, C6	V6	C4, C5
		C1, C2		C1, C5		C1, C3
		C8, C9		C3, C4		C2, C6
		C7, C10		C7, C10		C11, C12
		C4, C5		C11, C12		C9, C10
		C11, C12		C8, C9		C7, C8

Perfil de professor recomendado

Química

Biologia

Física

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – TRIMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano

		1º ano		2º ano		3º ano
1º trimestre	V1	C1, C3, C4	V3	C3, C6	V5	C6, C7
		C1, C5, C7		C2, C7		C1, C2
		C1, C2, C6		C1, C4		C4, C5
		C9, C10		C9, C10		C9, C12
		C3		C2		C4
		C8, C13		C8, C12		C3, C10
2º trimestre	V1	C1	V4	C1	V6	C1
	V2	C11, C12	V3	C5, C11	V5	C8, C11
	V2	C8	V4	C3	V6	C2
	V2	C6, C7, C10	V4	C6, C7, C10	V6	C5, C11, C12
		C2, C4, C5		C5, C11, C12		C3, C9, C10
		C9, C11, C12		C4, C8, C9		C6, C7, C8

Perfil de professor recomendado

Química

Biologia

Física

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – SEMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano

		1º ano		2º ano		3º ano
1º semestre	V1	C1, C3, C4, C9, C10	V3	C3, C6, C9, C10	V5	C6, C7, C9, C12
		C1, C5, C7, C8, C13		C2, C7, C8, C12		C1, C2, C3, C10
		C1, C2, C6, C11, C12		C1, C4, C5, C11		C4, C5, C8, C11
2º semestre	V2	C3, C6, C7, C10	V4	C2, C6, C7, C10	V6	C4, C5, C11, C12
		C1, C2, C4, C5		C1, C5, C11, C12		C1, C3, C9, C10
		C8, C9, C11, C12		C3, C4, C8, C9		C2, C6, C7, C8

Perfil de professor recomendado

Química

Biologia

Física

Avaliação

Quando a ação pedagógica é centrada no estudante e se estabelece a ideia de que o conhecimento é construído aos poucos, há mudanças na relação entre ensino e aprendizagem, o que, consequentemente, modifica as possibilidades e as exigências da avaliação.

A avaliação não deve ter como eixo norteador o conteúdo como um fim em si mesmo, mas como um componente importante no desenvolvimento das habilidades e competências. Assim, tendo como conteúdo a tradição histórica da construção da Ciência, dirigimos nosso olhar para os objetivos do ensino. São esses objetivos que vão determinar o que deve ser avaliado.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM):

[...] é imprópria a avaliação que só se realiza numa prova isolada, pois deve ser um processo contínuo que sirva à permanente orientação da prática docente. Como parte do processo de aprendizado, precisa incluir registros e comentários da produção coletiva e individual do conhecimento e, por isso mesmo, não deve ser um procedimento aplicado nos estudantes, mas um processo que conte com a participação deles. É pobre a avaliação que se constitua em cobrança da repetição do que foi ensinado, pois deveria apresentar situações em que os estudantes utilizem e vejam que realmente podem utilizar os conhecimentos, valores e habilidades que desenvolveram. [...] (BRASIL, 2002, p. 51)

A avaliação tem, portanto, dupla função: redirecionar o trabalho do professor e tornar o estudante consciente de seu desenvolvimento. Ainda de acordo com os PCNEM:

Uma questão que deve ser discutida, quando se concebem transformações nas metas e nos métodos educativos, é a avaliação, em todos os seus sentidos — tanto a avaliação de desempenho dos estudantes quanto a avaliação do processo de ensino. Frequentemente, a avaliação tem sido uma verificação de retenção de conhecimentos formais, entendidos ou não, que não especifica a habilidade para seu uso. Uma avaliação estruturada no contexto educacional da escola, que se proponha a aferir e desenvolver competências relacionadas a conhecimentos significativos, é uma das mais complexas tarefas do professor. Essa avaliação deve ter um sentido formativo e ser parte permanente da interação entre professor e estudante. (BRASIL, 2002, p. 136)

A avaliação no ensino de Ciências deve evitar a mera exposição de conceitos, a aplicação descontextualizada de fórmulas, a reprodução de modelos na solução de problemas. Deve assumir um caráter formativo, por meio do qual seja possível perceber o desenvolvimento do estudante. É necessário ficar claro, tanto para o professor como para o estudante, o que este sabia e o que sabe agora, como foi seu processo de apropriação de conhecimentos, o que ele ainda precisa desenvolver e quais habilidades domina.

Com base na definição dos objetivos a serem alcançados, o professor deve promover situações que permitam avaliar o processo de aprendizagem do estudante, sua produção contínua e sua participação nas atividades propostas, e situações que deem ao estudante oportunidades de autoavaliação. É importante que o professor observe o comportamento do estudante nas aulas e como ele se desenvolve no decorrer do curso: se apresenta dificuldades e tenta superá-las; se passa do senso comum ao pensamento crítico; se se apropria do vocabulário técnico-científico; se procura solucionar suas dúvidas etc.

Na avaliação também devem ser levadas em conta a produção escrita do estudante, a resolução de exercícios, a solução de problemas, a investigação de fenômenos, a pesquisa, a elaboração de sínteses, a construção de argumentos que envolvam a relação entre teoria e prática, entre outros aspectos. Avaliar não é abandonar a prova escrita, mas não se deve centrar o processo de avaliação apenas nesse tipo de instrumento.

Veja listadas a seguir algumas sugestões de avaliações a serem realizadas pelos estudantes e professores ou pela comunidade escolar.

- Mostras e apresentações: exposição para a comunidade escolar e extraescolar do que está sendo aprendido, com o uso de diferentes suportes e linguagens.
- Registros coletivos em forma de livros, murais, caixas de sugestões: anotações de reflexões, dúvidas, hipóteses, descobertas e pesquisas feitas pelo grupo.
- Entrevista entre professor e estudante: troca de impressões sobre o aprendizado e verificação da necessidade de ajuda e adequação do conteúdo.
- Reuniões entre professor, estudante e pais ou responsáveis: troca de impressões, verificação da necessidade de ajuda e adequação e partilha da vida escolar com a família.
- Reuniões entre professor e coordenação: promoção do diálogo destinado a auxiliar na reflexão com base em visões e escutas distanciadas, a fim de enriquecer o trabalho pedagógico e as relações pessoais e de grupo.

Referências bibliográficas complementares

Apresentamos a seguir algumas sugestões de textos, vídeos e sites contextualizadas com o objetivo de facilitar o aprofundamento dos conteúdos tratados anteriormente.

Ensino de Ciências no século XXI

Os textos e o vídeo indicados a seguir trazem perspectivas gerais sobre o processo de ensino-aprendizagem em Ciências retomando algumas das tendências do século XX.

Textos

- MARANDINO, M. *Tendências teóricas e metodológicas no ensino de Ciências*. São Paulo, USP, 2013. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349832/mod_resource/content/1/Texto%20201%20-%20Marandino%20Tend%C3%AAnias%20no%20Ensino%20de%20ci%C3%AAnias%20final.pdf>. Acesso em: maio 2020.

- SILVA, J. L. P. B.; MORADILLO, E. F. Avaliação, ensino e aprendizagem de Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 1, jul. 2002.

Vídeo

- ENSINO de Ciências. Entrevista com Luis Carlos de Menezes. São Paulo: Nova Escola, 2 dez. 2013. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=zLUAAu3oYzo>>. Acesso em: maio 2020. Nessa entrevista, o professor Luis Carlos de Menezes, docente do Instituto de Física da Universidade de São Paulo e consultor da Unesco, fala sobre os desafios contemporâneos do ensino de Ciências.

Abordagem CTS/CTSA no ensino de Ciências

Texto

- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000. Nesse texto, os autores tratam da abordagem CTS no ensino de Ciências, especificamente aquele realizado no contexto brasileiro.

O ensino por investigação e argumentação

Texto

- BERNARDO, J. R. R. Argumentação no ensino de Ciências: tendências, práticas e metodologia de análise. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 277-280, jan./abr. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172015000100277&lng=pt&tlang=pt>. Acesso em: maio 2020. O texto apresenta a resenha de um livro que trata da argumentação científica.

Vídeo

- O ENSINO por investigação. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP). Portal de videoaulas, [s. d.]. 1 vídeo (6 min). Disponível em: <<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=4586>>. Acesso em: maio 2020. Nesse vídeo, a abordagem didática do ensino por investigação é contextualizada por meio de exemplos.

Leitura em ciências

Texto

- NIGRO, R. G.; TRIVELATO, S. Leitura de textos de Ciências de diferentes gêneros: um olhar cognitivo-processual. *Investigações em Ensino de Ciências (on-line)*, v. 15, p. 553-573, 2010. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/262/184>>. Acesso em: maio 2020. O texto trata da importância da leitura de textos para o letramento científico, incluindo aspectos da leitura inferencial.

Avaliação e diferentes perfis

Texto

- INVENTÁRIO de Estilo de Aprendizagem de Kolb. Disponível em: <<http://www.cchla.ufpb.br/ccmd/aprendizagem/>>. Acesso em: maio 2020. Exemplos de perguntas para identificar o estilo de aprendizagem.

Referências bibliográficas da coleção

AULER, D.; DELIZOICOV, D. *Pedagogy, Symbolic Control and Identity: Theory, Research, Critique*. ed. rev. atual. Londres: Rowman & Littlefield, 2000.

Livro que aborda aspectos do trabalho pedagógico com identidade juvenil.

BOLÍVAR, A. Equidad educativa y teorías de la justicia. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, Madrid, v. 3, n. 2, p. 42-69, 2005. Disponível em: <<http://www.rinace.net/arts/vol3num2/art4.pdf>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo usado como fonte para tratar da importância de uma educação que ajude a igualar as oportunidades de diferentes estudantes.

BRASIL. Ministério da Educação. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: maio 2020.

O documento é uma referência sobre aspectos da educação no Ensino Médio.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Plano Nacional de Educação 2014-2024: Linha de Base*. Brasília: Inep, 2015.

O documento mostra objetivos e metas da educação brasileira entre 2014-2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: maio 2020.

Documento que estrutura as etapas da educação fundamental no Brasil.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas contemporâneos transversais na BNCC*. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: jul. 2020.

Documento que mostra a articulação dos temas contemporâneos transversais com a BNCC.

BRASIL. Ministério da Educação. *Novo Ensino Médio – perguntas e respostas*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas>>. Acesso em: maio 2020.

Guia com perguntas e respostas sobre o novo Ensino Médio.

CLAXTON, C. S.; MURRELL, P. H. *Learning styles*. Washington, DC: George Washington University (ERIC), 1987.

Material que trata de como trabalhar com estudantes de diferentes perfis.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (ed.). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. [s. l.]: Springer, 2006.

Material que aborda como procedimentos científicos impactam aulas e seu planejamento.

DUNN, R.; DUNN, K. *Teaching Students Through their Individual Learning Styles: A Practical Approach*. Reston, VA: Reston Publishing Co., 1978.

Material que trata de como trabalhar com estudantes de diferentes perfis.

GONÇALVES, S. R. V. Interesses mercadológicos e o "novo" ensino médio. *Revista Retratos da Escola*, Brasília, v. 11, n. 20, p. 131-145, jan./jun. 2017. Disponível em: <<http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/view/753>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que mostra desdobramentos da estruturação do novo Ensino Médio.

JACOBSON, L. V. *O potencial de utilização do e-learning no desenvolvimento de competências do administrador: considerando o estilo de aprendizagem do aluno de graduação*. 2003. 232f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Tese que mostra algumas possibilidades de aplicação de TDICs.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. *Dicionário básico de filosofia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1991.

Obra que trata aspectos de filosofia e como eles se relacionam com educação.

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.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Harbra, 1998.

Livro em que são mostradas atividades práticas e alguns de seus efeitos no ensino de ciências.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. *Ensino de Ciências e cidadania*. 2. ed. São Paulo: Moderna. 2007.

Livro que ajuda a mostrar relações entre o ensino científico e o desenvolvimento da cidadania.

LEFF, E. Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. In: LEFF, E. *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000.

Obra que mostra aspectos interdisciplinares no ensino de ciências.

LOPES, W. M. G. *ILS – Inventário de estilos de aprendizagem de Felder-Solomon: investigação de sua validade em estudantes universitários de Belo Horizonte*. 2002. 85f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

Dissertação que aborda maneiras de trabalhar com estudantes de diferentes perfis.

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: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672011000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: maio 2020.

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*, 10 abr. 2018. Disponível em: <<http://portal.spcnet.org.br/noticias/a-bncc-do-ensino-medio-entre-o-sonho-e-a-ficcao/>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que mostra aspectos práticos da aplicação da BNCC do Ensino Médio.

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.

Livro que traz alguns resultados de pesquisas sobre ensino de ciências e discorre sobre possíveis impactos delas na formação de professores.

OECD. *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: OECD, 2006.

Texto que traz análises sobre resultados obtidos no PISA.

OECD. *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. ed. rev. Paris: OECD, 2017. Disponível em: <<https://www.oecd.org/publications/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework-9789264281820-en.htm>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que mostra algumas formas de trabalho com estudantes de acordo com os preceitos do PISA.

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.

SENE, J. E. *A educação e o ensino de Geografia: na era da informação ou do conhecimento?* Olhar de Professor, v. 13, n. 1, p. 13-36, 2011.

Artigo que trata sobre aspectos do uso das TDICs.

SILVA, A. C. T. *Estratégias enunciativas em salas de aula de Química: contrastando professores de estilos diferentes*. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Tese que, entre outros temas, mostra alguns efeitos dos diferentes perfis de professores na sala de aula.

SILVA, J. T. *Educar com que objetivo? Para o sucesso ou para a busca da justiça?* *Jornal da USP*, 29 ago. 2018. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/artigos/base-nacional-comum-curricular-as-decisoes-pertencem-aos-estados/>>. Acesso em: maio 2020.

Artigo que aborda divergências de como melhorar o 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 mostra maneiras de trabalhar com rubricas.

TENREIRO-VIEIRA, C. *Produção e avaliação de atividades de aprendizagem de Ciências para promover o pensamento crítico dos alunos*. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 33/6, 2004.

Artigo que mostra possibilidades de estimular o pensamento crítico nos estudantes.

UNESCO. *The ABCs of Global Citizenship Education*, Paris, 2015. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000248232>>. Acesso em: maio 2020.

Documento que mostra relações entre educação e cidadania.

YOUNG, M. *Para que servem as escolas?* *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 28, n. 101, p. 1.287-1.302, set./dez. 2007.

Artigo que discute sobre diferentes papéis que a escola pode ter.

ZANATTA, S. C. A implantação de uma Base Nacional Comum Curricular – BNCC no contexto do progresso ensino e aprendizagem de Física. In: NEVES, M. C. D.; ZANATTA, S. C.; TROGELLO, A. G. (org.). *Conhecimento público, educação tutorial e outras reflexões sobre o ensino de Ciências*. Maringá: LCV-UEM, 2017.

Artigo que aborda efeitos da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza.

CAPÍTULO 1 Relações ecológicas

Metas do capítulo

- Compreender, distinguir e relacionar os conceitos de habitat e de nicho ecológico.
- Conhecer e compreender os principais tipos de relações ecológicas: competição intraespecífica; competição interespecífica; sociedade; colônia; herbivoria; predação; parasitismo; mutualismo; comensalismo; inquilinismo.
- Reconhecer, com base nos diversos exemplos de relações entre seres vivos, que a vida na Terra é um empreendimento coletivo, o que pode ser percebido pela trama complexa e dinamicamente equilibrada de relações ecológicas nas comunidades biológicas.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. A abertura possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203**, por incentivar os estudantes a avaliar os possíveis impactos da eliminação dos superpredadores para os ecossistemas, e consequentemente, para o planeta.

Converse com os estudantes sobre a visão de que o equilíbrio da natureza foi construído ao longo de milhões de anos de evolução. É importante avaliar a conscientização dos estudantes sobre os efeitos negativos da interferência humana em ecossistemas naturais. O exemplo da abertura do capítulo mostra que mesmo os superpredadores, que estão no topo de pirâmides alimentares e poderiam parecer irrelevantes, contribuem para o equilíbrio dos ecossistemas. Mesmo quando as picadas de borachudos nos levam a querer extingui-los totalmente, é preciso refletir: qual será o papel desses insetos nas teias alimentares das quais fazem parte? Quais seriam as possíveis consequências de seu extermínio? Os conhecimentos no campo da Ecologia mostram que é preciso atentar para os riscos da extinção de uma espécie ou da introdução de uma espécie estranha (exótica) em um ecossistema equilibrado.

1. Hábitat e nicho ecológico

O item aborda os conceitos de habitat e de nicho ecológico, com destaque para o princípio da exclusão competitiva. Segundo esse princípio, espécies que apresentam habitat e nicho ecológico semelhantes, se conviverem em um mesmo território, estabelecem entre si relações de competição, com possibilidade de uma espécie ser totalmente extinta pela competidora.

Sugira aos estudantes que formem grupos para realizar, como desafio, a descrição mais completa possível do nicho ecológico de uma determinada espécie escolhida pelo grupo. O nicho ecológico é uma entidade abstrata, composta pelo conjunto interativo de onde a espécie vive, como e de que se alimenta, quando e como se reproduz, quais são seus inimigos naturais etc. De posse dessas informações, sugerimos que cada grupo elabore um infográfico semelhante ao da Figura 1, se possível em formato grande, para ser discutido em classe. Coordene as apresentações e estimule os estudantes a trocar ideias sobre seus trabalhos.

Dialogando com o texto

Nesta atividade analise com os estudantes os gráficos da figura 2. Observe se eles têm dificuldades em interpretar as informações contidas nos gráficos, ajudando-os a dirimir eventuais dúvidas. Se necessário, auxilie seus estudantes a elaborar os gráficos e, ao final, peça-lhes que comparem os gráficos elaborados pelos diferentes grupos com os da figura 2, trabalhando, dessa maneira, a habilidade **EM13CNT301**, que contempla a interpretação de dados científicos e a elaboração de hipóteses pelos estudantes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT301**

O estudo do item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, por promover a reflexão dos estudantes sobre os fatores limitantes para a sobrevivência de diversos tipos de população; **EM13CNT203**, por desafiar os estudantes a deduzir o que ocorreria se diferentes espécies de paramécios fossem criadas no mesmo tubo de ensaio; **EM13CNT301**, por sugerir que os estudantes elaborem hipóteses, previsões e estimativas do impacto da criação das diferentes espécies de paramécios no mesmo tubo de ensaio, sob a perspectiva científica.

2. Relações ecológicas intraespecíficas

O item destaca as relações ecológicas que se estabelecem entre indivíduos de uma mesma espécie. Essas relações podem tanto acarretar prejuízo a uma ou a ambas as espécies envolvidas, devido à competição acirrada pelos mesmos recursos, como podem trazer benefícios para os indivíduos da espécie, como ocorre no caso das sociedades e das colônias.

Vale a pena fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre relações ecológicas intraespecíficas. Enfatize as diferenças entre colônia e sociedade no contexto ecológico. Discuta por que insetos como abelhas,

formigas e cupins constituem sociedades, e não colônias. Apresente aos estudantes a opinião de cientistas que consideram uma colmeia de abelhas um “superorganismo”. Peça a opinião deles sobre esse conceito.

Uma atividade interessante e motivadora é pesquisar detalhadamente a organização social de abelhas, formigas e cupins. Oriente-os a pesquisar, em livros e sites confiáveis, as características das sociedades desses insetos, como são distribuídas as funções entre os indivíduos, entre outras. Se houver tempo e interesse, reserve um período de aula para a apresentação das pesquisas de cada grupo. Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

O estudo desse item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, uma vez que o conhecimento das relações ecológicas intraespecíficas possibilita trabalhar a compreensão dos estudantes sobre os diferentes níveis de organização da vida.

3. Relações ecológicas interespecíficas

O item aborda as relações ecológicas que ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes e como tais relações podem influenciar os ecossistemas.

Ao abordar a relação ecológica de herbivoria, relembrar com os estudantes os principais aspectos da fotossíntese. Eventualmente pode valer a pena uma revisão sobre fluxo da matéria e energia, com destaque para a dissipação de energia que ocorre ao longo das cadeias alimentares.

É interessante discutir com os estudantes o exemplo dos veados de Kaibab, analisando o gráfico da figura 8. A “lição” ecológica desse exemplo é que uma atitude aparentemente benéfica – salvar os veados dos predadores – resultou em desequilíbrios ecológicos que afetaram os supostos beneficiários da ação.

O estudo do gráfico possibilita desenvolver a **competência geral 1**, levando os estudantes a valorizar conhecimentos historicamente construídos para analisar e entender a realidade, com base no exemplo da proibição da caça aos veados de Kaibab, além de levá-los a refletir sobre como ações individuais e coletivas podem provocar impactos socioambientais.

Atividade em grupo

Combine previamente com os estudantes a melhor maneira de apresentar os trabalhos de pesquisa realizados sobre os superpredadores e seu papel na trama ecológica. Por exemplo, os textos podem ser compartilhados no site da escola (se houver um), em um blog ou na forma de podcast, possibilitando seu acesso por toda a escola e pela comunidade, o que favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**.

É importante que os estudantes reconheçam o papel benéfico dos superpredadores para os ecossistemas e comprendam que intervenções antrópicas em ecossistemas equilibra-

dos podem causar impactos nos seres vivos e no ambiente, desenvolvendo, desse modo, a habilidade **EM13CNT203**.

Além disso, a elaboração de textos pelos estudantes com base na interpretação de artigos científicos disponíveis em diferentes mídias exercitam a habilidade de selecionar fontes confiáveis de informação, trabalhando a habilidade **EM13CNT303**.

Por fim, a atividade também permite desenvolver a habilidade de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas **EM13CHS103**, ao propor a elaboração de hipóteses, a seleção de evidências e a argumentação em questões relativas a fenômenos ambientais, sistematizando dados e informações de diversas naturezas, o que contribui também para a **competência geral 3**, ligada às manifestações artísticas e culturais, relacionando filmes e conceitos científicos, por exemplo.

Dialogando com o texto

Essa atividade enfatiza a importância da relação de parasitismo no panorama dos benefícios e prejuízos aos participantes das relações ecológicas.

A atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205**, por requerer que os estudantes interpretem dados e realizem previsões sobre fenômenos naturais, tendo por base noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo e dimensionando os limites explicativos das ciências.

Ao levar os estudantes a elaborar hipóteses e a fazer previsões e estimativas, a atividade favorece também o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

Utilize uma parte de sua aula para que seus estudantes possam ler os textos que produziram.

Estimule os estudantes a pesquisar exemplos adicionais de cada uma das relações ecológicas apresentadas no livro. Dedique um tempo de suas aulas para a apresentação das pesquisas à classe, o que contribui para valorizar o trabalho.

Peça aos estudantes que formem grupos para pesquisar exemplos de que os liquens atuam como pioneiros na colonização de territórios antes sem vida, como a superfície de rochas nuas, por exemplo. Se possível, reserve um espaço em suas aulas para discutir as pesquisas dos estudantes.

Dialogando com o texto

A atividade aborda a curiosa relação de esclavagismo que se estabelece entre certas espécies de pulgões e de formigas. Levando em consideração que os pulgões se beneficiam da segurança proporcionada pelas formigas, a relação poderia ser considerada como mutualística.

Aproveite a atividade para levar os estudantes a refletir profundamente sobre as relações ecológicas e a se expressar com clareza por escrito. Utilize uma parte de sua aula para que seus estudantes possam ler os textos dos colegas.

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa B.
- 2 Alternativa B. Aproveite as questões 1 e 2 para verificar o conhecimento adquirido pelos estudantes a respeito do assunto, pedindo a eles que também definam quais conceitos ecológicos estão descritos nas demais alternativas.
- 3 Alternativa D. Aproveite a oportunidade para diferenciar mutualismo e protocolooperação.
- 4 Alternativa E. Aproveite a oportunidade para diferenciar sociedade e colônia.

O exemplo do peixe-palhaço é interessante por possibilitar aos estudantes refletir aprofundadamente sobre a diversidade de relações ecológicas que ocorrem nos ecossistemas.

De olho na BNCC

- | | | |
|---------------------|---------------------|------------------------------------|
| • EM13CNT203 | • EM13CNT301 | • EM13CHS103 |
| • EM13CNT205 | • EM13CNT303 | • Competências gerais 1 e 3 |

O estudo das relações ecológicas possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT205**, por solicitar aos estudantes a interpretação de resultados e a elaboração de previsões em relações de parasitismo, incluindo nessas atividades noções de probabilidade e incerteza e reconhecendo os limites explicativos das ciências; **EM13CNT203**, ao estudar a importância dos superpredadores para os ecossistemas e como as intervenções antrópicas podem causar impactos ao ambiente; **EM13CNT301**, pelas propostas de elaboração de hipóteses; **EM13CNT303**, por meio da interpretação de textos de divulgação científica e apresentação de dados obtidos a partir da seleção de fontes confiáveis de informação, no caso, sobre os superpredadores.

Além disso, o estudo das relações ecológicas favorece o trabalho com a habilidade **EM13CHS103**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao estimular a elaboração de hipóteses; e as **competências gerais 1 e 3**, que versam sobre a valorização dos conhecimentos científicos historicamente construídos e das manifestações artísticas e culturais, como filmes e documentários.

CAPÍTULO 2

Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico

Metas do capítulo

- Compreender o equilíbrio químico como um processo dinâmico.
- Expressar a concentração em quantidade de matéria de dada espécie química em um sistema homogêneo.
- Analisar, por meio de gráficos, a evolução de um sistema para a situação de equilíbrio químico.
- Compreender o conceito de constante de equilíbrio em função das concentrações e de grau de equilíbrio.
- Utilizar valores de constante de equilíbrio para prever a espontaneidade de uma reação.
- Diferenciar equilíbrios químicos homogêneos e heterogêneos.
- Identificar o efeito de perturbações (como variação da concentração de reagente ou de produto, alteração mecânica de pressão ou modificação de temperatura) sobre um equilíbrio químico, acarretando seu deslocamento.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Na abertura do capítulo, é discutida a importância da amônia como matéria-prima de vários materiais, especialmente os fertilizantes nitrogenados (aqueles que contêm o elemento

químico nitrogênio em sua composição). Comente que essa é uma de suas principais aplicações, mas que a substância também é utilizada na produção de desinfetantes, corantes, e polímeros, entre outros produtos.

Comente que a produção da amônia a partir dos gases nitrogênio, N_2 , e hidrogênio, H_2 , foi amplamente estudada no início do século XX, quando se estabeleceram as condições de operação para sua síntese industrial. Além disso, verificou-se que, nessa reação, os reagentes e os produtos podem coexistir em um estado denominado *equilíbrio químico*, no qual, a temperatura e pressão constantes, as concentrações de reagentes e produtos não se alteram ao longo do tempo.

É importante que os estudantes entendam que, embora os fertilizantes nitrogenados sejam importantes para a formação de proteínas fundamentais para as plantas, eles não devem ser utilizados de forma indiscriminada, pois, entre outros fatores, aumentam as emissões de óxido nitroso (N_2O , um dos gases envolvidos no efeito estufa). Além disso, seu excesso pode provocar danos à própria planta, contaminação do solo e prejuízos aos ecossistemas aquáticos.

1. Equilíbrio dinâmico

Para abordar esse item, sugerimos que peça aos estudantes para observarem a sequência de ilustrações da Figura 1 do Livro do Estudante. Explique que o esquema representa água e

hexano em um funil de separação. Ressalte que os líquidos não são miscíveis e que é possível observar duas fases distintas em um sistema constituído por eles. Em seguida, explique como funciona a dissolução do iodo nessas duas fases.

Ressalte que, a partir de um determinado instante, as cores dessas duas fases não se alteram mais, o que indica que a concentração de iodo em cada fase é constante. É importante que os estudantes percebam que essa é uma situação de equilíbrio dinâmico porque as concentrações permanecem constantes e a transferência do iodo entre as duas fases não cessou, mas ocorre nos dois sentidos com a mesma rapidez.

Explique o conceito de equilíbrio dinâmico, ressaltando que as concentrações constantes dos reagentes e dos produtos não significam que a reação parou de acontecer, mas que as velocidades da reação direta e inversa se igualaram. Solicite aos estudantes que esboçem em seu caderno um gráfico que mostre a quantidade de matéria de iodo na fase aquosa e na fase de hexano ao longo do tempo. Espera-se que percebam que a concentração varia ao longo do tempo até que se atinja o equilíbrio, quando se tornam constantes. Isso ajudará a estabelecer um ponto de partida para o desenvolvimento dos próximos itens deste capítulo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13MAT101**

Esse item possibilita o desenvolvimento de habilidades da BNCC: **EM13CNT101**, pois permite que os estudantes analisem e representem transformações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos; e **EM13MAT101**, uma vez que os estudantes são incentivados a interpretar fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas (quantidade de matéria em função do tempo) pela análise de gráficos e taxas de variação.

2. Concentração em quantidade de matéria

Neste volume, são tratados diversos temas relacionados ao equilíbrio químico, a começar no Item 3 deste capítulo e a prosseguir em seus demais itens e também nos capítulos 6, 7 e 10. A abordagem quantitativa da situação de equilíbrio químico requer que os estudantes conheçam o conceito de concentração em quantidade de matéria (isto é, concentração expressa em mol/L). Assim se justifica a necessidade pedagógica de trabalhá-la a esta altura.

Ao abordar este item, é possível que os estudantes apresentem dificuldade em compreender os conceitos de mol e quantidade de matéria. Por isso, procure trabalhar os conceitos sempre exemplificando-os. Explique que **mol** é uma **unidade** usada para expressar a **grandeza** denominada **quantidade de matéria**, e que corresponde a $6 \cdot 10^{23}$ unidades (seiscientos sextilhões de unidades). Pode-se utilizar a unidade mol em referência à quantidade de diferentes tipos de espécies químicas constituintes de amostras de matéria (como átomos, moléculas e íons). Caso considere pertinente, faça uma analogia entre o mol e a dúzia, ressaltando que, enquanto uma dúzia corresponde a 12 unidades

(e é conveniente para uso em determinadas situações envolvendo objetos macroscópicos), um mol equivale a $6 \cdot 10^{23}$ unidades (e é adequado para fazer referência a entidades que constituem amostras de matéria, como átomos, moléculas ou íons).

Ressalte aos estudantes que **massa molar** é a massa de uma quantidade de matéria igual a um mol de espécies químicas e que valores dessa grandeza podem ser facilmente determinados utilizando-se a tabela periódica disponível no final do Livro do Estudante. Apresente aos estudantes as generalizações a seguir (e outras similares), mostrando como efetuar a leitura de dados na tabela periódica e, a partir deles, chegar à massa molar:

- A massa de um único átomo de magnésio (Mg) é 24,3 u e, portanto, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de magnésio, ou **1 mol de átomos** de magnésio, é 24,3 g.
- A massa de uma única molécula de amônia (NH_3) é 17 u e, então, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de amônia, ou **1 mol de moléculas** de amônia, é 17 g.
- A massa de um único íon cálcio (Ca^{2+}) é 40,1 u e, consequentemente, a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ íons cálcio, ou **1 mol de íons** cálcio, é 40,1 g.

A partir desses exemplos, comente os seguintes casos de relevância para o presente estudo:

- A **massa molar de um elemento químico** refere-se a 1 mol de átomos desse elemento químico. Assim, a massa molar do elemento químico magnésio é $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g/mol}$.
- A **massa molar de uma substância molecular** refere-se a 1 mol de moléculas dessa substância. Então, a massa molar da amônia é $M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g/mol}$.
- A **massa molar de um íon** refere-se a 1 mol desse íon. Por exemplo, para o íon cálcio, ela vale $M(\text{Ca}^{2+}) = 40,1 \text{ g/mol}$.

Ao trabalhar em sala os exemplos dados no livro, comente que a constante de Avogadro ($6,022140858 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) indica a quantidade de partículas por mol (daí a unidade mol^{-1} , ou seja, “por mol”) e costuma ser expressa, em cálculos realizados no Ensino Médio, com dois algarismos significativos da seguinte maneira: $6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Detalhe na lousa os exemplos de cálculos de quantidade de matéria presentes no Livro do Estudante e, caso perceba a necessidade, retome, junto com o professor de Matemática, o desenvolvimento de algumas operações matemáticas, como a utilização de potências de base dez e de notação científica.

Apresente aos estudantes a expressão matemática que permite calcular a concentração em quantidade de matéria. Ao abordar esse conteúdo, é importante mostrar que a concentração pode ser dada pela relação entre a quantidade de matéria de uma substância e o volume em que ela está homogeneamente dispersa. Reforce que, quando uma mistura é homogênea, qualquer fração dela apresenta a mesma concentração em quantidade de matéria. Por exemplo, 2 L de uma solução aquosa de glicose com concentração 1 mol/L apresenta uma quantidade de matéria total de glicose igual a 2 mol. No entanto, qualquer amostra dessa mistura apresenta concentração equivalente a 1 mol/L.

Dialogando com o texto

O primeiro *Dialogando com o texto* deste Item 2 mostra como obter a massa molar por meio da massa atômica, que pode ser consultada na tabela periódica. O texto apresenta cálculos simples de massa molar e, caso considere válido, apresente outros exemplos mais complexos na lousa, como o cálculo da massa molar da sacarose (342 g/mol), substância de fórmula molecular C₁₂H₂₂O₁₁. Em seguida, peça aos estudantes que consultem a tabela periódica, confirmando os valores citados nos exemplos do Livro do Estudante.

Explore a correspondência entre gramas e unidade de massa atômica unificada (apresentada no boxe) e ressalte que uma importante consequência dela é que o valor numérico da massa atômica (expressa em u) de certo elemento químico é igual ao valor numérico da massa molar (em g/mol) desse mesmo elemento. Outra consequência, similar a essa, é a igualdade entre o valor numérico da massa de determinada molécula (em u) e da massa molar (em g/mol) da substância constituída de moléculas como essa.

Dialogando com o texto

Para desenvolver a atividade proposta no segundo *Dialogando com o texto* deste Item 2, o estudante deve calcular a concentração em quantidade de matéria para duas soluções. A atividade pode ser realizada individualmente ou em grupo e, se for necessário, auxilie os estudantes a executarem os cálculos necessários.

Substituindo $n = \frac{m}{M}$ em $[espécie] = \frac{n}{V}$, chegamos a:

$$[espécie] = \frac{m}{M \cdot V}$$

Com essa expressão, é possível calcular a concentração em quantidade de matéria (mol/L) da espécie química I₂ em cada uma das duas fases em equilíbrio:

$$[I_2(aq)] = \frac{6,4 \cdot 10^{-4} \text{ g}}{254 \text{ g/mol} \cdot 0,1\text{L}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$[I_2(\text{hexano})] = \frac{2,54 \cdot 10^{-2} \text{ g}}{254 \text{ g/mol} \cdot 0,1\text{L}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

De olho na BNCC

- EM13MAT103 • EM13MAT314

O Item 2 e as atividades dos dois boxes *Dialogando com o texto* presentes nesse item auxiliam no desenvolvimento de habilidades da BNCC: **EM13MAT103**, pois possibilitam ao estudante interpretar textos científicos que empregam unidades de medida de diferentes grandezas (massa, quantidade de matéria e concentração em quantidade de matéria), compreendendo relações que existem entre elas; e **EM13MAT314**, uma vez que envolvem resolver problemas relacionados a grandezas que são determinadas pela razão de outras (quantidade de matéria como a razão entre massa da amostra e massa molar; concentração em quantidade de matéria como a razão entre quantidade de matéria e volume).

3. Equilíbrio químico

Ao abordar o conteúdo desse item, peça aos estudantes que interpretem as Figuras 3 e 4 do Livro do Estudante e descrevam as duas situações de equilíbrio relativas à reação

química representada pela equação N₂O₄(g) ⇌ 2 NO₂(g). Em seguida, por meio da Figura 5, mostre que o equilíbrio químico foi atingido após determinado tempo, pois as concentrações de reagente e produto se tornaram constantes. Ressalte que, em ambos casos, partindo-se de N₂O₄ ou NO₂, as concentrações das espécies químicas são iguais quando o equilíbrio é atingido. É importante que os estudantes percebam que a reação entrou em equilíbrio dinâmico, ou seja, as reações direta e inversa continuam ocorrendo ininterruptamente com a mesma taxa de desenvolvimento (desde que a temperatura seja mantida constante).

Neste item, aparece uma simbologia nova para os estudantes: ⇌. De acordo com o *Compêndio de Terminologia Química da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC)*, publicação que contém as recomendações da entidade para uso de simbologias e denominações, 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 ocorre em ambos os sentidos; e ⇌ para uma reação em equilíbrio”. (O *Compendium of Chemical Terminology – IUPAC Recommendations*, também conhecido como Gold Book, é disponibilizado, em inglês, para consulta no endereço <<https://goldbook.iupac.org/index.html>>. Acesso em: 18. ago. 2020.) Assim, é **recomendável** empregar o símbolo ⇌ para indicar que uma reação está em **equilíbrio químico**. Não obstante, oriente os estudantes que algumas publicações empregam o símbolo ⇌ e, às vezes, o = com essa intenção.

Pergunte aos estudantes: o equilíbrio químico pode ser atingido em sistemas abertos, ou seja, em que pode ocorrer troca de matéria com o meio ambiente? Reserve um tempo para que eles proponham respostas para essa pergunta. Peça a eles que se manifestem e garanta que percebam que o equilíbrio químico de uma reação só se mantém se não acontecer entrada ou saída de participantes (porque isso influenciaria suas concentrações) e se não houver troca de energia com o meio externo que acarrete variação de temperatura (pois isso impactaria de modo desigual a rapidez das reações direta e inversa, fazendo com que o sistema saia do estado de equilíbrio). Essa é apenas uma abordagem introdutória e os estudantes poderão compreender melhor o efeito de perturbações sobre um equilíbrio químico no Item 6 do capítulo, no qual se discutirá a tendência de avanço do sistema para uma nova situação de equilíbrio químico após ocorrência de determinadas perturbações.

4. Constante de equilíbrio

Peça aos estudantes que observem atentamente a Figura 6 do Livro do Estudante. Por meio dela, é possível explicar por que, quando um sistema entra em equilíbrio químico, não há consumo total dos reagentes ou dos produtos. Deixe claro que as concentrações de reagentes e produtos permanecem estáveis no sistema em equilíbrio, contudo raramente são iguais.

Sugerimos que mostre a localização das composições do sistema A e o caminho percorrido até atingir o equilíbrio. Repita esse procedimento para o sistema B. É importante explicar a configuração desse gráfico de forma detalhada, pois é possível que os estudantes apresentem dificuldade em sua interpretação. Para verificar se eles compreenderam o que representam as grandezas nos eixos, faça perguntas sobre a composição e a estabilidade em outros pontos. Ressalte que existe uma tendência dos sistemas representados pelos pontos A e B para convergirem ao ponto C, no qual a estabilidade do sistema é máxima. (No Item 5, será mostrado que esse ponto corresponde a 26% de conversão de N_2O_4 em NO_2).

Explique que a curva formada por esse gráfico seria diferente se o experimento fosse realizado em outra temperatura: o formato de uma curva que apresenta um único ponto de mínimo seria mantido, mas os pontos que compõem a curva não seriam os mesmos porque a variação de temperatura modifica a estabilidade de reagente e produto geralmente de modo desigual.

Vamos, agora, nos aprofundar um pouco na análise desse gráfico, para conhecimento do docente. O eixo das ordenadas (eixo vertical) indica a energia livre de Gibbs do sistema, representada por G , grandeza relacionada à estabilidade de um sistema sob o ponto de vista termodinâmico. Quanto menor for o valor de G para um sistema, mais estável ele será. Assim, o ponto C do gráfico é aquele em que ocorre minimização da energia livre do sistema constituído de reagente (N_2O_4) e produto (NO_2). A tendência que os sistemas representados pelo ponto A e pelo ponto B apresentam para evoluir para o ponto C se explica devido à tendência de minimização da energia livre de Gibbs. Perceba que há uma equivalência estequiométrica entre os pontos A e B, uma vez que a dissociação completa de 1 mol/L de N_2O_4 produziria 2 mol/L de NO_2 .

Utilizando conceitos de Físico-Química superior, esse gráfico poderia ser elaborado para outras concentrações iniciais, na mesma temperatura de 100 °C. Por exemplo, se o ponto A representasse 2 mol/L de N_2O_4 e o ponto B representasse 4 mol/L de NO_2 , o aspecto da curva seria similar ao mostrado, mas a localização dos pontos A e B seria outra, e a do ponto C (ponto de mínimo da função) também. Este último corresponderia a outro valor no eixo das abscissas (porcentual de conversão de N_2O_4 em NO_2): 19%. Apesar dessa diferença, esse novo gráfico manteria um vínculo com o anterior em um aspecto fundamental: as concentrações de reagente e produto no equilíbrio estão de acordo com a seguinte relação:

$$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 0,36 \text{ (a } 100^\circ\text{C)}$$

A demonstração da validade dessa expressão é realizada, nos estudos de Físico-Química superior, primeiramente equacionando-se a função $G(\xi)$, isto é, a expressão matemática da energia livre de Gibbs do sistema em função do grau de avanço da reação (representado por ξ , letra grega *csi*), que corresponde à fração de conversão de reagente em produto (grandeza que, no gráfico, está no eixo das abscissas). A seguir, a função é derivada e igualada a zero para encontrar o ponto mínimo. A partir da expressão algébrica obtida, chega-se à expressão da constante

de equilíbrio. Esse mesmo procedimento fornece a expressão da constante de equilíbrio de outras reações.

Finalizando esta digressão destinada a prover informações conceituais ao docente, é relevante insistir que a demonstração da expressão da constante de equilíbrio é realizada com base em **premissas termodinâmicas**, e não da cinética química. Assim, embora o equilíbrio possa (e deva) ser encarado, sob o ponto de vista atômico-molecular, como uma situação dinâmica em que reagentes se transformam em produtos com a mesma rapidez com que produtos se transformam em reagentes, a **constante de equilíbrio é uma grandeza termodinâmica** que nada informa sobre a rapidez com que determinado sistema evoluirá para a situação de equilíbrio químico. É comum, no Ensino Médio, algumas publicações “deduzirem” a expressão da constante de equilíbrio a partir de considerações cinéticas, nas quais se consideram as reações direta e inversa como elementares. Contudo, considerando-se a Físico-Química do ensino universitário, a demonstração de tal expressão é feita exclusivamente por meio de argumentos termodinâmicos que independem das reações direta e inversa serem elementares.

Voltando ao desenvolvimento do item, peça aos estudantes que observem a Tabela 1 do Livro do Estudante e tentem identificar que regularidade ela apresenta. Espera-se que eles percebam que, independentemente das concentrações iniciais de reagente e produto, as concentrações **no equilíbrio** estão sempre relacionadas por meio da expressão:

$$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 0,36 \text{ (a } 100^\circ\text{C).}$$

Esse valor (0,36) corresponde à constante de equilíbrio da reação cuja equação é $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$, a 100 °C. Aproveite para apresentar a definição geral da expressão da constante de equilíbrio de uma reação. Neste item, a discussão está circunscrita a equilíbrios homogêneos, nos quais todos os participantes estão em uma mesma fase. No Item 5, serão abordados também equilíbrios heterogêneos.

A seguir, utilizando os dados das Tabelas 2, 3 e 4 do Livro do Estudante, mostre que os valores da constante de equilíbrio são característicos de cada reação química, a uma dada temperatura.

Dialogando com o texto

Auxilie os estudantes, se necessário, a deduzir a unidade da constante de equilíbrio para as três reações equacionadas na atividade, como mostrado a seguir:

$$\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g) \quad K_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

Então, a unidade é $\frac{(\text{mol/L})^2}{\text{mol/L}}$, ou seja, mol/L.

$$\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) \quad K_C = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{O}_2]}$$

Nesse caso, temos $\frac{(\text{mol/L})^2}{(\text{mol/L})^2}$, ou seja, K_C é adimensional.

Ressalte que uma grandeza adimensional é um número puro, desprovido de unidade.

$$\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g) \quad K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

Portanto, a unidade é $\frac{(\text{mol/L})^2}{(\text{mol/L})^4}$, ou seja, $(\text{mol/L})^{-2}$.

Ao docente, é conveniente informarmos que, nos estudos de termodinâmica química universitária, a constante K_C pode ser definida de modo a ser sempre adimensional, sendo que, neste caso, é representada por K_C^\ominus . A razão disso é que, para um equilíbrio homogêneo (a temperatura constante) equacionado como $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$, a demonstração realizada por argumentos de natureza termodinâmica (mencionada anteriormente, neste *Suplemento do Professor*) conduz* a:

$$K_C^\ominus = \frac{\left(\frac{[\text{C}]}{\text{mol/L}}\right)^c \cdot \left(\frac{[\text{D}]}{\text{mol/L}}\right)^d}{\left(\frac{[\text{A}]}{\text{mol/L}}\right)^a \cdot \left(\frac{[\text{B}]}{\text{mol/L}}\right)^b}$$

Note que, independentemente dos coeficientes estequiométricos a , b , c e d , a grandeza K_C^\ominus não apresenta unidade, pois dentro de cada par de parênteses o resultado da divisão é adimensional (já que o mol/L da concentração é cancelado pelo mol/L no denominador) e, portanto, todo o resultado é adimensional.

Pode-se desenvolver o segundo membro da igualdade citada até:

$$K_C^\ominus = \frac{[\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b} \cdot \frac{(\text{mol/L})^a \cdot (\text{mol/L})^b}{(\text{mol/L})^c \cdot (\text{mol/L})^d}$$

O resultado do cálculo da primeira fração do segundo membro dessa igualdade é a constante de equilíbrio K_C :

$$K_C^\ominus = K_C \cdot (\text{mol/L})^{(a+b)-(c+d)}$$

Então, como K_C^\ominus não apresenta unidade, conclui-se que K_C apresentará unidade se $(a+b)$ for diferente de $(c+d)$ e será adimensional se $(a+b)$ for igual a $(c+d)$. Assim, há autores que consideram a constante de equilíbrio como possuindo a dimensionalidade de $(\text{mol/L})^{(c+d)-(a+b)}$ (pois estão se referindo a K_C) e outros que a consideram adimensional (pois estão se referindo a K_C^\ominus).

5. Outros aspectos conceituais dos equilíbrios

Inicie o item mostrando como é feito o cálculo do **grau de equilíbrio** (α). Em seguida, ressalte que ele corresponde a um número entre 0 e 1 (ou seja, entre 0% e 100%), que expressa o avanço da reação até que o equilíbrio químico seja atingido. É importante que os estudantes percebam que o grau de equilíbrio indica a relação entre a quantidade (em mol) de reagente que efetivamente foi consumida até atingir o equilíbrio e a quantidade (em mol) inicial de reagente. Para que os estudantes tenham essa percepção, explore também as Figuras 7.A e 7.B.

Ao abordar **equilíbrios homogêneos** e **equilíbrios heterogêneos**, é importante ressaltar a diferença entre eles. Em seguida, por meio dos exemplos apresentados no Livro do

Estudante, mostre que só devem fazer parte da expressão da constante de equilíbrio as concentrações em quantidade de matéria que são passíveis de alterações, como é o caso de substâncias em fase gasosa ou em solução aquosa.

Quando for falar sobre o **favorecimento dos produtos no equilíbrio**, analise o caso de uma reação com valor numérico de K_C muito maior que 1 e de outra para a qual esse valor seja muito inferior a 1, como os apresentados no Livro do Estudante. Mostre, pela expressão da constante de equilíbrio, que, no primeiro caso, haverá predomínio dos produtos na situação de equilíbrio e, no segundo caso, predominância de reagentes.

A análise de quanto os produtos ou os reagentes são favorecidos na situação de equilíbrio é uma questão relacionada à **espontaneidade de reações** e não apresenta relação alguma com a rapidez do processo. Uma reação é dita espontânea quando, sob o ponto de vista termodinâmico, apresenta tendência de ocorrer por si só, sem a necessidade de qualquer intervenção externa, atingindo uma situação de equilíbrio químico que favoreça os produtos em relação aos reagentes.

A análise da espontaneidade de uma transformação química é, de fato, um problema de termodinâmica química associado à variação da energia livre de Gibbs para a reação ($\Delta_r G^\ominus$). O valor dessa grandeza, a uma determinada temperatura de interesse, é usado na avaliação da espontaneidade de uma reação:

$$\Delta_r G^\ominus > 0 \Rightarrow \text{reação não espontânea}$$

$$\Delta_r G^\ominus < 0 \Rightarrow \text{reação espontânea}$$

Por se tratar de uma análise termodinâmica, e não cinética, o fato de uma reação ser espontânea nada nos informa acerca da rapidez com que ela evoluirá para o estado de equilíbrio químico. Da Físico-Química superior, temos a seguinte expressão, que relaciona K_C^\ominus e $\Delta_r G^\ominus$ (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):

$$\Delta_r G^\ominus = -RT \ln(K_C^\ominus)$$

A análise dessa expressão revela que valores positivos de $\Delta_r G^\ominus$ estão associados a valores de K_C^\ominus inferiores a 1 e que valores negativos de $\Delta_r G^\ominus$ estão associados a valores de K_C^\ominus superiores a 1. Mesmo valores em módulo relativamente pequenos para $\Delta_r G^\ominus$ acarretam constantes de equilíbrio muito grandes ou muito pequenas.

Com $T = 298$ K e $R = 8,31 \cdot 10^{-3}$ kJ · mol⁻¹ · K⁻¹, o uso da expressão mencionada conduz a:

$$\begin{aligned} \Delta_r G^\ominus = +17,1 \text{ kJ/mol} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{-3} \\ \Delta_r G^\ominus = +11,4 \text{ kJ/mol} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{-2} \\ \Delta_r G^\ominus = +5,7 \text{ kJ/mol} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{-1} \\ \Delta_r G^\ominus = \text{zero} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \\ \Delta_r G^\ominus = -5,7 \text{ kJ/mol} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{+1} \\ \Delta_r G^\ominus = -11,4 \text{ kJ/mol} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{+2} \\ \Delta_r G^\ominus = -17,1 \text{ kJ/mol} &\Leftrightarrow K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{+3} \end{aligned}$$

* De fato, caso o tratamento termodinâmico se refira a soluções de comportamento *não ideal*, a expressão mostrada envolverá a *atividade* de cada participante dividida pela *atividade-padrão*.

Considerando, a título de exemplificação, uma reação cuja equação seja $A(aq) \rightleftharpoons B(aq)$, alguns valores relativos de concentrações no equilíbrio são:

$$K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{-1} \Rightarrow [A] = 10[B]$$

$$K_C^\ominus = 1,0 \cdot 10^{+1} \Rightarrow [B] = 10[A]$$

Note, então, que um valor de $\Delta_r G^\ominus$ positivo e relativamente pequeno, como +5,7 kJ/mol, é suficiente para que haja predomínio de reagente no equilíbrio; e que um valor negativo e relativamente pequeno em módulo como -5,7 kJ/mol, é suficiente para haver predomínio de produto no equilíbrio.

Essa discussão abona o uso de valores de constantes de equilíbrio para avaliar o grau de espontaneidade termodinâmica de uma reação. Valores numéricos elevados de K_C indicam que a reação é espontânea, enquanto valores muito baixos indicam que a reação não é espontânea.

Os valores de $\Delta_r G^\ominus$ e os de K_C não permitem, contudo, qualquer inferência sobre a rapidez de um processo ou estimativa de quanto tempo um sistema levará para chegar à situação de equilíbrio químico. Na prática, além dos aspectos termodinâmicos, os químicos precisam também analisar aspectos cinéticos para poderem estimar o progresso de uma reação química. Existem reações como a transformação do carbono diamante em carbono grafite, que são termodinamicamente espontâneas, mas cineticamente desfavoráveis por apresentarem elevada energia de ativação, significando que, na prática, a reação não tende a ocorrer nas condições ambiente de pressão e temperatura.

Aplicando conhecimentos

1 $[I_2(aq)] = \frac{6,4 \cdot 10^{-4} \text{ g}}{254 \text{ g/mol} \cdot 0,1 \text{ L}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

$$[I_2(\text{hexano})] = \frac{2,54 \cdot 10^{-2} \text{ g}}{254 \text{ g/mol} \cdot 0,1 \text{ L}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K_C = \frac{[I_2(\text{hexano})]}{[I_2(aq)]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}{2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}} = 40$$

2 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) $[NO_2] = 0,120 \text{ mol/L}$ e $[N_2O_4] = 0,040 \text{ mol/L}$

$$c) K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0,120 \text{ mol/L})^2}{(0,040 \text{ mol/L})} = 0,36 \text{ mol/L}$$

Assim, o valor numérico de K_C 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 .

3 Há concordância porque o resultado calculado é igual ao valor numérico da constante de equilíbrio para a reação química em questão, a 100 °C. Apenas a variação de temperatura alteraria o valor da cons-

tante de equilíbrio dessa reação. As concentrações iniciais de reagentes e produtos não têm influência sobre o valor de K_C .

4 $\alpha = \frac{0,100 \text{ mol/L} - 0,040 \text{ mol/L}}{0,100 \text{ mol/L}} = 0,60 = 60\%$

5 A 327 °C (600 K), pois é a temperatura, das mostradas na tabela, em que K_C tem o maior valor numérico. Quanto maior for o valor de K_C , maior será a concentração do produto (NO_2) no equilíbrio.

6 Estará em equilíbrio o frasco no qual o resultado do cálculo $\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$ for numericamente igual a K_C .

Realizando os cálculos com os dados apresentados para as misturas 1, 2, 3 e 4, obtemos, respectivamente, os resultados numéricos 1,0; 4,0; 3,2 e 3,2. Considerando que, na temperatura mencionada, K_C tem valor numérico 3,2, concluímos que as misturas dos frascos 3 e 4 estão em equilíbrio.

7 Para o frasco 1, o resultado do cálculo mencionado na resolução anterior (1,0) deverá aumentar até se igualar a 3,2, quando o equilíbrio químico estará estabelecido. Assim, durante esse processo, a concentração do produto (NO_2) aumentará e a do reagente (N_2O_4) diminuirá. Para o frasco 2, ocorre o oposto: o valor inicial (4,0) deverá diminuir até 3,2. Assim, nesse caso, a concentração do produto (NO_2) diminuirá e a do reagente (N_2O_4) aumentará.

8 A 227 °C (500 K), pois, quanto maior for o valor de K_C , maior será a concentração de produto no equilíbrio.

9 Na temperatura de 25 °C (298 K), o valor de K_C é muitíssimo menor que 1, de modo que a reação química praticamente não forma produto. Como o valor de K_C aumenta com a temperatura, e a descarga elétrica pode aumentar muito a temperatura local, a reação se torna viável. Ainda assim, o valor de K_C continua a ser menor que 1, de modo que a quantidade de produto gerado é relativamente pequena, justificando, assim, o baixo rendimento da reação.

6. Deslocamento de equilíbrio

O item aborda as perturbações que podem alterar a situação de um sistema tirando-o da situação de equilíbrio químico e a resposta que se espera desse sistema, após perturbado, ao avançar para uma nova situação de equilíbrio químico. As perturbações discutidas são a alteração da concentração de algum reagente ou produto por adição ou remoção dessa espécie química (a temperatura e volume constantes), a modificação mecânica da pressão por alteração do volume do sistema (a temperatura constante) e a mudança de temperatura (a volume constante).

Cada uma dessas situações é discutida, separadamente, no Livro do Estudante, mediante a apresentação e a análise de casos que possam conduzir ao entendimento das conclusões pretendidas. Para os estudantes, inicialmente, a expressão "deslocamento de equilíbrio" é provavelmente desprovida de significado por falta de qualquer conhecimento pregresso a esse respeito. Por isso, a sugestão é trabalhar a construção das conclusões por meio dos exemplos numéricos apresentados no Livro do Estudante, que possibilitam aos estudantes perceber que deslocamento

de equilíbrio é um avanço da reação (no sentido de formar reagentes ou no sentido de formar produtos, dependendo do caso) para estabelecer uma nova condição de equilíbrio, já que a anterior deixou de existir devido à perturbação.

Ao falar sobre o **efeito da variação da concentração de reagente ou de produto** sobre um equilíbrio, a sugestão é utilizar o exemplo numérico discutido no Livro do Estudante, que propicia a compreensão de que o aumento da concentração não afeta o valor de K_C , mas faz com que o sistema saia da situação de equilíbrio. Nesse caso, o deslocamento consiste no retorno a uma situação em que as concentrações respeitem a relação estabelecida pela expressão matemática da constante de equilíbrio. A seguir, explore com os estudantes o gráfico da Figura 8 do Livro do Estudante. Destaque o aumento da concentração de N_2O_4 retratado no gráfico e como o sistema tende, a partir dessa perturbação, a atingir uma nova situação de equilíbrio. Use também o exemplo da Figura 9, por meio da qual os alunos poderão observar um efeito macroscópico (mudança de cor) decorrente de um deslocamento de equilíbrio acarretado por variação de concentração.

Um exemplo desse tipo de deslocamento de equilíbrio ocorre quando uma pessoa se desloca para uma localidade de grande altitude. Ao sair, por exemplo, de uma cidade litorânea e ir a uma cidade como La Paz, na Bolívia, que fica a cerca de 3.640 metros de altitude em relação ao nível do mar, a pessoa pode apresentar desconfortos físicos como dores de cabeça, náuseas e fadiga intensa.

As moléculas de hemoglobina presentes nas hemácias se combinam com o gás oxigênio, estabelecendo um equilíbrio químico em que o produto da reação é denominado oxi-hemoglobina. Esta última é a responsável pela oxigenação dos diversos tecidos do organismo. O equilíbrio pode ser representado por:



Nas localidades de maior altitude há menor concentração (em mol/L) de gás oxigênio no ar. (De fato, todos os gases constituintes do ar estão presentes em menor concentração porque a atmosfera é mais rarefeita – a pressão do ar é menor – e isso faz com que haja menos moléculas por unidade de volume.) Devido à menor concentração de O_2 no ar inalado, o equilíbrio mencionado tende a ser deslocado no sentido dos reagentes, o que reduz a quantidade de oxi-hemoglobina na circulação, dificultando a oxigenação dos tecidos e acarretando os sintomas mencionados. A permanência no local de maior altitude faz com que o organismo se adapte gradualmente, aumentando a concentração de hemoglobina, o que tende a deslocar o equilíbrio no sentido dos produtos e aumenta, portanto, a concentração de oxi-hemoglobina. Escaladas a locais muito altos exigem que os alpinistas passem semanas se aclimatando, a fim de minimizar os desconfortos produzidos pela altitude.

Ao abordar o **efeito da pressão** sobre um equilíbrio químico, também sugerimos discutir inicialmente um exemplo numérico como o que está no Livro do Estudante, a fim de mostrar que, para reações que envolvam participantes em fase gasosa, o aumento mecânico de pressão (isto é, diminuição do volume do recipiente por compressão do êmbolo; veja a

Figura 10 do Livro do Estudante) interfere nas concentrações das espécies gasosas, o que pode perturbar o equilíbrio. O deslocamento é uma consequência dessa perturbação.

Após apresentar o exemplo numérico, você pode realizar uma demonstração matemática, considerando primeiramente o mesmo equilíbrio empregado no Livro do Estudante: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$.

$$K_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{\left(\frac{n_{\text{NO}_2}}{V}\right)^2}{\frac{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}{V}} \Rightarrow K_C = \left(\frac{n_{\text{NO}_2}^2}{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}\right) \cdot \left(\frac{1}{V}\right)$$

Nessa expressão, n_{NO_2} e $n_{\text{N}_2\text{O}_4}$ representam a quantidade de matéria (em mol) dos participantes, no equilíbrio, e V é o volume do recipiente. Como K_C é constante (pois só depende da reação e da temperatura), deduzimos que o produto $\left(\frac{n_{\text{NO}_2}^2}{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}\right) \cdot \left(\frac{1}{V}\right)$ permanece constante ao mover o êmbolo.

Um aumento mecânico de pressão sobre o sistema – uma movimentação do êmbolo de modo a diminuir o volume interno do recipiente (V) – aumenta o valor da fração $\left(\frac{1}{V}\right)$ e, consequentemente, o valor da fração $\left(\frac{n_{\text{NO}_2}^2}{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}\right)$ deve diminuir para que o produto de ambas permaneça constante.

$$K_C = \left(\frac{n_{\text{NO}_2}^2}{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}\right) \cdot \left(\frac{1}{V}\right)$$

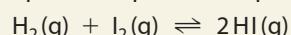
Constante, uma vez que a temperatura é mantida fixa.

Se essa fração aumentar (porque V diminuiu), ...

... então essa fração deverá diminuir.

Isso corresponde a um aumento no valor do denominador ($n_{\text{N}_2\text{O}_4}$) e diminuição no do numerador ($n_{\text{NO}_2}^2$). Assim, acabamos de demonstrar que o aumento da pressão da mistura gasosa produz um deslocamento de equilíbrio no sentido de formação do reagente (N_2O_4).

A seguir, você pode repetir esse raciocínio, desta vez considerando o equilíbrio equacionado por:



Nesse caso, temos:

$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{n_{\text{HI}}}{V}\right)^2}{\frac{n_{\text{H}_2}}{V} \cdot \frac{n_{\text{I}_2}}{V}} \Rightarrow K_C = \frac{n_{\text{HI}}^2}{n_{\text{H}_2} \cdot n_{\text{I}_2}}$$

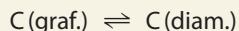
Como V não comparece na expressão obtida, esse equilíbrio não é deslocado por variação mecânica de pressão.

Uma vez compreendido esse exemplo, você pode auxiliar os estudantes a perceber uma generalização. Para prever como um equilíbrio responde a uma variação de pressão por alteração de volume do recipiente, podemos verificar os coeficientes estequiométricos das espécies químicas participantes que estejam em fase gasosa. Um aumento de pressão (por redução de volume) desloca um equilíbrio químico no 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. Existem equilíbrios químicos que não são afetados por variações de pressão, aqueles em que a soma dos coeficientes de espécies em fase gasosa é igual nos dois membros da equação.

Ainda na discussão do efeito da pressão sobre equilíbrios químicos, comente exemplos em que, além de substâncias em fase gasosa, existam também sólidos e/ou líquidos (fases condensadas da matéria), como o da decomposição do carbonato de cálcio, apresentado no Livro do Estudante. Em casos como esse, o(s) participante(s) gasoso(s) ocupa(m) praticamente todo o volume interno do recipiente, e um aumento da pressão mecânica sobre o êmbolo influencia a concentração desse(s) participante(s), mas não daqueles que estão em fases condensadas. Consequentemente, sólidos e líquidos não são considerados na análise do efeito de variações de pressão sobre equilíbrios químicos.

Uma ressalva ao docente é necessária neste ponto e deixamos a seu critério avaliar a conveniência de apresentá-la aos estudantes. Se um equilíbrio envolver substâncias em fases condensadas e as variações de pressão forem muito grandes, como em alguns processos geológicos, pode ocorrer deslocamento de equilíbrio devido às eventuais diferenças do volume ocupado por reagentes e produtos. Neste caso, a análise é realizada considerando-se o volume molar de cada um dos participantes, sendo que um aumento de pressão tende a deslocar o equilíbrio no sentido de formação dos participantes que ocupam menor volume. Um exemplo é o do equilíbrio:



O volume molar da grafite, a 25 °C e 1 atm, é 5,5 cm³/mol e o do diamante, nas mesmas condições, é 3,4 cm³/mol. Esse é um indicativo de que, submetido a elevadas pressões, existe uma tendência de esse equilíbrio se deslocar no sentido de transformar grafite em diamante. Com efeito, o método industrial de síntese de diamantes (para uso em brocas diamantadas, por exemplo) é realizado submetendo grafite a elevadíssimas pressões.

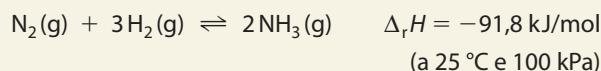
Ao falar sobre o **efeito da temperatura** sobre um equilíbrio químico, difference inicialmente uma reação endotérmica de uma reação exotérmica. Explore detalhadamente os exemplos do livro, pedindo aos estudantes que proponham, em cada caso, qual o valor de Δ_rH para a reação direta e para a reação inversa, pois é muito frequente a dificuldade de compreensão de que o valor de Δ_rH apresentado à frente de uma equação química refere-se necessariamente à reação no sentido direto. Antes de prosseguir, certifique-se de que eles compreenderam como decodificar a informação apresentada por meio de Δ_rH para determinar qual é o sentido endotérmico e qual é o sentido exotérmico de um processo em equilíbrio.

Sugerimos comentar com os estudantes que, ao contrário das outras alterações no equilíbrio estudadas anteriormente, a variação da temperatura provoca alteração no valor da constante de equilíbrio. Utilizando como exemplo os dados da Tabela 2 e a Figura 12 do Livro do Estudante, mostre que K_C é uma função crescente da temperatura para



e também (constata-se experimentalmente) para todas as reações com $\Delta_rH > 0$, isto é, **endotérmicas no sentido direto**.

A seguir, empregando a Tabela 4 e a Figura 13 do Livro do Estudante, mostre que K_C é uma função decrescente da temperatura para



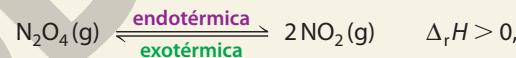
e também (verifica-se experimentalmente) para todas as reações com $\Delta_rH < 0$, ou seja, **exotérmicas no sentido direto**.

Existe uma explicação termodinâmica para a variação do valor de K_C com a temperatura, mas envolve cálculo diferencial e discuti-la está além do propósito desta obra. O docente interessado, pode obter informações em livros de Físico-Química que discutam a *equação de van't Hoff referente ao equilíbrio*. Como exemplos de referências, sugerimos 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.

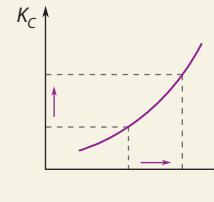
Em função da complexidade do tema, a opção pedagógica desta obra é apresentar a variação do valor numérico de K_C com a variação de temperatura como uma constatação empírica, que de fato precedeu cronologicamente a explicação teórica.

O próximo passo é mostrar aos estudantes o exemplo numérico do Livro do Estudante, em que se perturba o equilíbrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ por elevação da temperatura de 100 °C para 150 °C. Uma vez que os estudantes tenham compreendido esse exemplo, você pode empregar os esquemas a seguir para comparar o efeito do aquecimento sobre uma reação em equilíbrio que tenha $\Delta_rH > 0$ e outra que tenha $\Delta_rH < 0$.

Para a reação cuja equação é

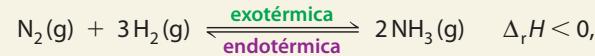


o aquecimento desloca no sentido de formar produto.

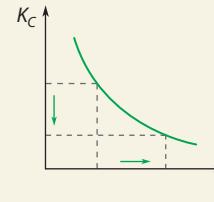


O aquecimento aumenta o valor de K_C , ... $K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$... deslocando o equilíbrio no sentido de formar produto.

Já para a reação cuja equação é



o aquecimento desloca no sentido de formar reagentes.



O aquecimento diminui o valor de K_C , ... $K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$... deslocando o equilíbrio no sentido de formar reagentes.

Após esse desenvolvimento, ajude os estudantes a perceber que, independentemente do sinal de Δ_rH , aumento de temperatura desloca um equilíbrio no sentido endotérmico e diminuição de temperatura desloca-o no sentido exotérmico.

Ainda na abordagem do efeito da temperatura, analise com os estudantes os exemplos das Figuras 11 e 14 do Livro do Estudante, que mostram resultados de experimentos de deslocamento de equilíbrio químico que acarretam mudança de coloração do sistema homogêneo constituído de reagentes e produtos.

Conforme explica o Livro do Estudante, o químico francês Henry Le Chatelier (1850-1936) publicou, entre 1884 e 1933, diferentes redações para tentar enunciar, de maneira generalizada, o efeito de perturbações sobre um equilíbrio. Ainda hoje, não se trata de tarefa fácil elaborar tal enunciado, dada a complexidade de se expressar – em uma frase clara e razoavelmente concisa –, todas as ideias envolvidas. Embora os trabalhos de Le Chatelier, bem como os de muitos outros pesquisadores pioneiros na elucidação dos aspectos relativos aos equilíbrios químicos, tenham importância e interesse históricos, optou-se na obra, com propósitos didáticos, por elucidar o conceito de deslocamento de equilíbrio mediante a discussão de exemplos que esclareçam situações relevantes.

Uma vez que as ações que podem perturbar um equilíbrio químico e o consequente deslocamento tenham sido discutidos com os estudantes e compreendidos por eles, mencione que o conjunto de conclusões apresentado é conhecido pelo nome de **princípio de Le Chatelier**.

Ressalte que esse princípio é relevante para as diversas áreas de atuação relacionadas à Química, por exemplo, na compreensão de fenômenos bioquímicos e nas indústrias químicas, que empregam esse conhecimento no aprimoramento de processos de obtenção de substâncias de importância industrial, como o ácido sulfúrico e a amônia.

Finalizando a abordagem do item, não deixe de comentar que a adição de um catalisador a um meio reacional **não** é incluída como parte do princípio de Le Chatelier porque não desloca equilíbrio. O catalisador atua igualmente sobre a reação direta e sobre a reação inversa, aumentando a rapidez das duas por um mesmo fator multiplicativo. Assim, se um catalisador for adicionado a um sistema que já está em equilíbrio químico, isso aumentará igualmente a velocidade da reação direta e da reação inversa, e a situação de equilíbrio se manterá. A importância dos catalisadores reside no fato de aumentarem a rapidez de processos que ainda não atingiram o equilíbrio químico, reduzindo o tempo necessário para atingi-lo.

De olho na BNCC

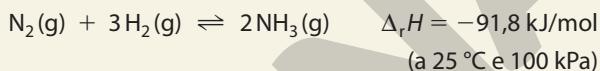
• EM13CNT205

Esse Item 6, que aborda deslocamento de equilíbrios químicos, possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205** da BNCC, pois permite interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais e fenômenos naturais, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

Atividade em grupo

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, explosivos, corantes, produtos para limpeza e desinfecção de superfícies, ração para gado e alguns polímeros.

A reação de síntese da amônia a partir dos gases nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2) é muito lenta na temperatura de 25 °C para que tenha utilidade industrial. Em temperaturas mais altas, nas quais a rapidez seria aceitável para um processo industrial, o rendimento é baixo devido à reduzida constante de equilíbrio. Isso se relaciona ao fato de a reação direta ser exotérmica, ou seja, de que um aquecimento desloca o equilíbrio no sentido de formar reagentes, diminuindo o rendimento da produção de amônia.



Em outras palavras, existe um conflito entre a necessidade de aquecimento, para aumentar a rapidez, e o fato de esse aquecimento diminuir o rendimento do processo. Para viabilizar a utilização industrial dessa reação, era necessário um modo de aumentar a rapidez da reação e, simultaneamente, deslocar o equilíbrio no sentido de produzir mais amônia.

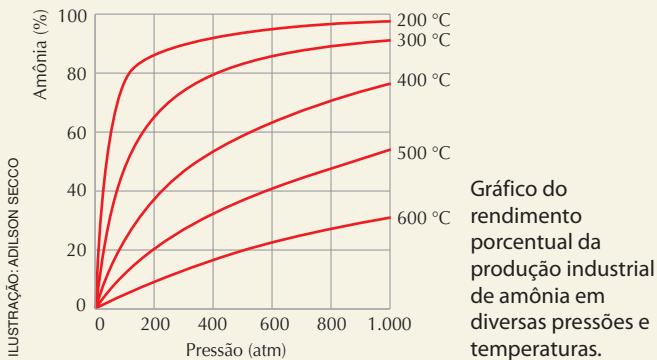
O alemão Fritz Haber (1868-1934) desenvolveu, em escala laboratorial, na década de 1910, um modo de sintetizar amônia por meio da reação mencionada. A patente do processo foi adquirida por uma empresa que designou o químico alemão Carl Bosch (1874-1940) para o aprimoramento da síntese em escala industrial. Pela relevância do trabalho, possibilitando a produção de uma das substâncias de maior aplicação industrial no mundo, os dois receberam o Prêmio Nobel de Química: Haber, em 1918, e Bosch, em 1931.

O processo (ou síntese de) **Haber-Bosch** utiliza três condições: catalisador, alta temperatura e alta pressão. O catalisador aumenta a rapidez da reação, fazendo com que o equilíbrio tenda a ser atingido mais rapidamente, mas não afeta o rendimento na situação de equilíbrio. A alta temperatura também é empregada para aumentar a velocidade da síntese. 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.

Outro fator importante nessa síntese é a retirada da amônia do meio reacional (por condensação) durante o processo, que também visa ao contínuo deslocamento do equilíbrio no sentido do produto.

Dada a complexidade de analisar o comportamento desse equilíbrio quando se alteram simultaneamente a pressão e a temperatura, é costume utilizar o gráfico a seguir, que fornece o rendimento do processo em diferentes situações. As condições de operação de reatores industriais de síntese

de amônia são relativamente variáveis de uma indústria para outra, mas, a título de exemplificação, podemos dizer que são comuns temperaturas de 400 °C a 500 °C e pressões de 100 atm a 300 atm.



Fonte: MATTHEWS, P. *Advanced Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. v. 1.

Espera-se que os estudantes, fundamentados no que pesquisaram sobre o processo Haber-Bosch, compreendam o compromisso entre aspectos relacionados à rapidez e ao equilíbrio químico.

Ainda no âmbito do que é solicitado na atividade, oriente os grupos a pesquisarem e elaborarem argumentos defendendo ou refutando o uso de fertilizantes nitrogenados. Neste aspecto, 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 diversos 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 suas 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.

Sugerimos, também, que auxilie os estudantes na elaboração de um roteiro composto por introdução, desenvolvimento e conclusão, 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.

De olho na BNCC

- EM13CNT302
- EM13CNT307
- EM13CHS302
- EM13CNT303
- EM13CNT310

Essa atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT302**, pois permite ao estudante 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**, no que concerne a 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; **EM13CNT307**, por envolver a análise das propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações industriais (gás nitrogênio, gás amônia), cotidianas (fertilizantes, adubação orgânica, adubos em vasos ou em hortas caseiras), tecnológicas e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano; **EM13CNT310**, porque requer investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e serviços básicos (produção de alimentos) 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; e **EM13CHS302**, porque convida os estudantes a analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas às atividades agrícolas em diferentes ambientes e escalas de análise.

Aplicando conhecimentos

- 10 a) Ocorre súbito aumento da concentração de bromo gasoso, $\text{Br}_2(\text{g})$, por adição dessa substância ao sistema. Essa perturbação faz o sistema sair da situação de equilíbrio.
- b) As concentrações de $\text{Br}_2(\text{g})$ e $\text{Cl}_2(\text{g})$ diminuem e a concentração de $\text{BrCl}(\text{g})$ aumenta. Nesse intervalo de tempo, o sistema não está em equilíbrio, mas avançando para uma nova situação de equilíbrio químico que se estabelecerá 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 concentração de $\text{Br}_2(\text{g})$ e, em consequência disso, deslocou-se no sentido de consumir reagentes, $\text{Br}_2(\text{g})$ e $\text{Cl}_2(\text{g})$, e formar produto, $\text{BrCl}(\text{g})$.
- 11 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, $\text{NH}_3(\text{g})$. 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 $H_2(g)$.

- 12 A reação equacionada no enunciado é exotérmica no sentido direto e endotérmica no sentido inverso. O frasco imerso em banho de água fervente apresentará coloração violeta menos intensa, pois o aumento da temperatura deslocará o equilíbrio no sentido da reação endotérmica, isto é, no sentido de transformar produtos, $H_2(g)$ e $I_2(g)$, em reagente, $HI(g)$. A diminuição da cor se deverá à diminuição da concentração de $I_2(g)$. O frasco colocado no interior do freezer apresentará coloração violeta mais intensa, pois a diminuição da temperatura deslocará o equilíbrio no sentido da reação exotérmica, ou seja, no sentido de transformar reagente em produtos. A intensificação da cor será consequência do aumento da concentração de $I_2(g)$.
- 13 Os dados da tabela mostram que o aumento da temperatura favorece a formação dos produtos (pois K_C aumenta). Portanto, a reação é endotérmica no sentido da formação do $NO(g)$.
- 14 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, como é evidenciado pela coloração azul da solução após o aumento da temperatura.

- c) O deslocamento no sentido dos produtos (sentido endotérmico) está associado ao aumento de K_C . Já o deslocamento no sentido dos reagentes (sentido exotérmico) se relaciona à diminuição de K_C .
- 15 A solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio, $NaOH(aq)$, apresenta elevada concentração de íons hidróxido, $OH^-(aq)$. A adição de um pouco dessa solução 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, $Mg(OH)_2(s)$.
- 16 O ácido clorídrico, HCl , ioniza-se em meio aquoso produzindo íons $H_3O^+(aq)$ e $Cl^-(aq)$. A adição da solução aquosa de ácido clorídrico a um dos tubos de ensaio causa aumento da concentração de $H_3O^+(aq)$, que, por sua vez, provoca deslocamento do equilíbrio mencionado no sentido de formar reagentes, tornando a solução vermelha. O hidróxido de sódio, $NaOH$, dissocia-se em meio aquoso, liberando íons $Na^+(aq)$ e $OH^-(aq)$. Quando se adiciona a solução de hidróxido de sódio ao outro tubo de ensaio, os íons $OH^-(aq)$ neutralizam os íons $H_3O^+(aq)$, diminuindo sua concentração, o que provoca deslocamento do equilíbrio mencionado no sentido de formar produtos, tornando a solução azul.

CAPÍTULO 3 Primeira lei da Termodinâmica

Metas do capítulo

- Apresentar o campo de estudo da Termodinâmica.
- Entender em que consiste a energia interna de um gás.
- Mostrar como um gás, ao se expandir, pode realizar trabalho mecânico.
- Apresentar a Primeira Lei da Termodinâmica e aplicá-la às transformações gasosas.
- Reconhecer, analisar e discutir a relação entre o desenvolvimento da teoria da Termodinâmica e a tecnologia, com a dinâmica social e cultural.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo aborda os fundamentos da Termodinâmica. Ao final desse estudo, o estudante deverá estar preparado para analisar a relação entre as variáveis termodinâmicas — calor, trabalho e energia interna —, em uma transformação gasosa, e aplicá-las à primeira lei da Termodinâmica.

Para começar, pode-se propor aos estudantes uma discussão sobre as revoluções industriais. Durante essa discussão, podem ser abordadas as causas desses movimentos e suas consequências, sua ideologia e os pensadores que os fomentaram, para levar os estudantes a perceber como o mundo passou da manufatura de produtos para a industrialização,

das máquinas simples às mais complexas, e como a economia e a visão de mundo mudaram diante desse novo movimento do pensamento humano. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física. Convém também nesse capítulo uma abordagem interdisciplinar entre os professores de História e Física, para a contextualização histórica da Revolução Industrial e do surgimento da Termodinâmica.

De olho na BNCC

- EM13CNT101
- EM13CNT301
- Competência geral 1

Este capítulo permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** ao analisar e representar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e de energia.

Além disso, as questões propostas no decorrer do capítulo permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, uma vez que incentiva a elaboração de hipóteses, previsões e estimativas, além da interpretação de modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais.

A **competência geral 1** também é evidenciada ao longo do capítulo, pois valoriza e utiliza conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e social para entender e explicar a realidade e continuar aprendendo.

1. Introdução

Para iniciar o estudo desta seção, pode-se explicar que a Termodinâmica é a área da Física dedicada aos estudos dos processos para a conversão de calor em trabalho e vice-versa. Convém enfatizar, também, que tanto o calor como o trabalho são medidas da energia transferida entre dois sistemas.

Sugestão de atividade complementar

Máquinas a vapor

No endereço <<http://www.youtube.com/watch?v=ZQI890ugKcQ>> (acesso em: 8 jul. 2020), há uma animação interessante, *Como funcionan las cosas — Máquinas de vapor — Parte 2*, em espanhol, que apresenta a aplicação da máquina a vapor.

A exploração desse recurso torna mais significativa a leitura do texto apresentado no livro, pois leva o estudante a compreender melhor a aplicação de conceitos em máquinas que facilitam a vida cotidiana e a aplicação de fórmulas para solucionar problemas.

2. Origem da Termodinâmica

Esta seção tem como principal objetivo mostrar aos estudantes os aperfeiçoamentos das máquinas a vapor ao longo do tempo, em decorrência do trabalho de muitas pessoas, a maioria engenheiros. Grande parte desses aperfeiçoamentos atendeu a interesses econômicos, e não científicos, buscando a solução de problemas práticos de produção industrial.

De olho na BNCC

- EM13CHS102
- EM13CHS202

O texto apresentado nesta seção possibilita o desenvolvimento das habilidades: **EM13CHS102**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais; e **EM13CHS202**, ao analisar e avaliar os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas de grupos, povos e sociedades contemporâneas.

Atividade em grupo

Nesta atividade deve ser explorado o fato de as máquinas a vapor, além de serem empregadas para bombear água das minas de carvão, também serem utilizadas na automação dos teares da indústria têxtil, o que resultou em um grande desenvolvimento da produção fabril.

Como ponto de partida para a pesquisa, pode-se recomendar aos estudantes a consulta ao endereço <<http://www.historianet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=30>> (acesso em: 7 jul. 2020), que trata da Revolução Industrial e dos principais avanços dos teares. Entretanto, mais do que explorar tais avanços, esta atividade visa mostrar aos estudantes as condições de trabalho nas fábricas da época e levá-los à reflexão.

O artigo "O trabalho infantil na Revolução Industrial inglesa: uma contribuição ao trabalho docente na sétima série", de Isaias Barbosa Nunes, disponível em: <<http://www.diaadiaducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1397-8.pdf>> (acesso em: 7 jul. 2020), aborda a mão de obra infantil e feminina nas fábricas, preferidas por causa do menor custo.

De olho na BNCC

- EM13CNT302
- EM13LGG301
- EM13LGG603
- EM13LGG703
- Competência geral 4

A Atividade em grupo proporciona o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, ao sugerir que os estudantes comuniquem os resultados de análises e pesquisas por meio de diferentes linguagens, mídias e tecnologias digitais de informação.

As habilidades **EM13LGG301**, **EM13LGG603** e **EM13LGG703**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, também são evidenciadas à medida que o estudante é incentivado a participar de processos de produção individual e colaborativo, expressando-se e utilizando diferentes linguagens, mídias e ferramentas digitais.

A atividade também permite o trabalho com a **competência geral 4**, ao sugerir que o estudante utilize diferentes formas de linguagens para se expressar e partilhar informações.

Atividade prática

O principal objetivo desta *Atividade prática* é mostrar a conversão de calor em trabalho mecânico ou, de forma mais direta, como vapor pode gerar movimento. O funcionamento do barquinho está relacionado ao vapor de água que se forma dentro do compartimento de cobre devido ao aquecimento do metal e da água pela chama. Quando a água esquenta, há a formação de vapor de água dentro do tubo de alumínio, o qual tende a sair do tubo de cobre, criando um jato de água e vapor. O movimento relativamente contínuo que pode ser observado durante a realização do experimento deve-se ao fato de o jato e de parte do tubo de cobre estarem em contato com a água da bacia. Esse contato faz com que o jato e o tubo esfriem, transformando parte do vapor totalmente em líquido novamente. Com a diminuição de temperatura implica a diminuição da pressão dentro do tubo de cobre, fazendo com que parte da água retorne para a região que está sendo aquecida pela chama. Pode-se optar pelo uso de apenas uma panela com água fervendo, sobre a qual se coloca uma tampa, chamando a atenção dos estudantes para os movimentos provocados pela saída do vapor.

Outra opção é construir uma eolípila com uma lata de refrigerante. Para isso, o melhor é usar uma lata de alumínio, ainda fechada. Deve-se fazer dois furos diametralmente opostos na lateral da lata, retira-se o refrigerante, coloca-se um pouco de água em seu interior e insere-se um pedaço de canudinho flexível em cada furo. As extremidades dos canudinhos devem apontar em sentidos opostos (ver figura a seguir). Amarra-se um barbante no anel do abridor da lata, mantendo-a em seguida sobre a chama de uma vela. Quando a água ferve e o vapor sai pelos canudinhos, a lata começa a girar.



ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECÓO

O vídeo disponível no endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=ZDp_LjbE8Dc> (acesso em: 7 jul. 2020), mostra o funcionamento de uma eolípila.

De olho na BNCC

• EM13CNT102

Ao incentivar que o estudante construa um protótipo de sistema térmico, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, a *Atividade prática* provê o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT102**.

3. Troca de trabalho entre um gás e o meio

Ao abordar esta seção, deve-se ressaltar que o trabalho é a medida da energia transferida entre dois sistemas, pela ação de uma força.

Os estudantes devem ser levados a perceber que, durante a expansão, as forças exercidas pelo gás sobre um êmbolo realizam um trabalho motor (positivo), pois a força atuará no mesmo sentido do deslocamento do êmbolo. No entanto, na contração do gás, o trabalho será resistente (negativo).

De olho na BNCC

• EM13MAT510

Esta seção permite o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT510**, da área de Matemática e suas Tecnologias, ao apresentar conjuntos de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas (pressão e volume) por meio de gráficos.

4. Calor trocado entre um gás e o meio

Lembre aos estudantes que, assim como o trabalho, o calor é a medida da energia transferida entre dois sistemas; nesse caso, causada por uma diferença de temperatura entre os dois sistemas.

Para determinar o sinal do calor trocado pelo gás, é recomendável relembrar com os estudantes a expressão que permite calcular o calor sensível: se o gás receber calor, então a variação de temperatura, se ocorrer, será positiva (aumento). Logo, o calor recebido pelo sistema é positivo, ao passo que o calor, se for cedido pelo sistema, é negativo.

5. Energia interna de um gás ideal

Ao iniciar esta seção, os estudantes devem perceber que as grandezas físicas — temperatura, pressão, volume e quantidade de um gás — estão diretamente ligadas às nossas percepções sensoriais e, por serem passíveis de observação e medição, são denominadas grandezas macroscópicas. Entretanto, tais grandezas, na verdade, estão intimamente relacionadas a aspectos microscópicos da matéria e descrevem o comportamento do grande número de átomos e moléculas que formam o sistema em estudo. Essas grandezas microscópicas constituem a base da Mecânica Estatística.

Assim, a energia interna U de um gás ideal é medida com base em grandezas macroscópicas, a temperatura absoluta T e a quantidade de matéria n em mols do gás, mas está diretamente ligada a uma grandeza microscópica, a energia cinética total de translação de todas as moléculas do gás.

Aplicando conhecimentos

1 Seja n a quantidade em mols que representa a quantidade inicial de gás. Na situação inicial, temos:

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

$$\text{Após as alterações, teremos: } U' = \frac{3}{2} \cdot \frac{n}{2} \cdot R \cdot 4T \quad (2)$$

De (1) e (2), concluímos que: $U' = 2 \cdot U$

2 O exercício é uma aplicação da expressão matemática para o cálculo da energia interna de um gás ideal monoatômico.

São dados: $n = 2$ mols; $T_1 = 28^\circ\text{C} = 301\text{ K}$; $T_2 = 228^\circ\text{C} = 501\text{ K}$; $R = 8,31\text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$.

a) A energia interna inicial do gás é dada por:

$$U_1 = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T_1 \Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 301 \\ \therefore U_1 = 7.504\text{ J}$$

b) A energia interna final do gás é dada por:

$$U_2 = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow U_2 = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 501 \\ \therefore U_2 = 12.490\text{ J}$$

c) A variação de energia interna que o gás sofreu nesse processo pode ser calculada pela diferença entre as energias internas final e inicial:

$$\Delta U = U_2 - U_1 \Rightarrow \Delta U = 12.490 - 7.504 \\ \therefore \Delta U = 4.986\text{ J}$$

Essa variação de energia interna poderia, também, ser calculada pela fórmula:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot (501 - 301) \\ \therefore \Delta U = 4.986\text{ J}$$

3 O exercício pode ser usado para fazer uma rápida revisão da equação de Clapeyron. São dados:

$p = 1,5 \cdot 10^5\text{ N/m}^2$; $n = 2$ mols; $V_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}\text{ m}^3$; $V_2 = 4,0 \cdot 10^{-2}\text{ m}^3$; $R = 8,31\text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$.

a) Aplicando a equação de Clapeyron ao processo, determinamos a variação de temperatura sofrida pelo gás:

$$p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \\ \Rightarrow 1,5 \cdot 10^5 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 8,31 \cdot \Delta T \\ \therefore \Delta T = 180,5\text{ K}$$

b) Para calcular a variação de energia interna do gás no processo, podemos aplicar:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 180,5 \\ \therefore \Delta U = 4.500\text{ J}$$

Essa variação de energia interna poderia também ser calculada assim:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot \Delta V \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 1,5 \cdot 10^5 \cdot 2,0 \cdot 10^{-2} \\ \therefore \Delta U = 4.500\text{ J}$$

6. Primeira lei da Termodinâmica

Antes de apresentar a primeira lei da Termodinâmica, pode-se comentar com os estudantes que a condição de igualdade de temperaturas, quando do equilíbrio térmico, costuma ser denominada “lei zero da Termodinâmica”.

Enfatize que o desenvolvimento da primeira lei da Termodinâmica como a conhecemos hoje ocorreu ao longo de muitos anos e com a colaboração de diversos engenheiros, físicos, químicos etc. Se julgar pertinente, com uma apresentação de *slides*, realize uma abordagem da história da Ciência, reconstruindo o período da elaboração da primeira lei da Termodinâmica. Para auxiliá-los, sugerimos a leitura do artigo “Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica”, disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172009000300013&script=sci_arttext>, e dos *slides* “Datas e personagens na História da Termodinâmica”, disponível em: <http://www.ifsc.usp.br/~donoso/termodinamica/Historia_Termodinamica.pdf> (acessos em: 13 ago. 2020.)

Convém enfatizar aos estudantes que a primeira lei da Termodinâmica corresponde a uma aplicação do princípio de conservação de energia a processos termodinâmicos.

Aplicando conhecimentos

4 Sim, um gás pode receber calor e sua temperatura diminuir. De acordo com a primeira lei da Termodinâmica, se o trabalho realizado pelo gás durante sua expansão for maior que a quantidade de calor recebida, sua energia interna diminuirá e, consequentemente, sua temperatura também diminuirá.

5 Sim, é possível desde que a variação da energia interna do sistema seja nula. Isso pode ocorrer, por exemplo, em uma expansão isotérmica, quando o sistema recebe calor e realiza um trabalho igual à quantidade de calor recebida. Ocorre, também, em uma compressão isotérmica, em que o sistema recebe trabalho e rejeita igual quantidade de calor para o meio externo.

6 O trabalho realizado pelo gás ao se expandir é positivo: $\zeta = +250 \text{ J}$

A quantidade de calor recebida pelo gás no processo é positiva: $Q = +400 \text{ J}$

Aplicando a primeira lei da Termodinâmica, determinamos a variação de energia interna sofrida pelo gás:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow \Delta U = (+400) - (+250)$$

$$\therefore \Delta U = +150 \text{ J}$$

Convém levar os estudantes a perceber que, se a energia interna aumentou 150 J, então, pela lei de Joule, podemos concluir que a temperatura absoluta do gás também aumentou.

7 Nos exercícios envolvendo trocas de calor e de trabalho, é muito importante que os estudantes estejam atentos aos sinais convencionados para o calor, para o trabalho e para a energia interna. No presente caso, o gás sofre uma compressão e o meio realiza trabalho sobre ele, ou seja, o gás recebe trabalho ($\zeta = -1.500 \text{ J}$). Como a quantidade de calor é recebida pelo gás, ela é positiva ($Q = +2.000 \text{ J}$). A variação de energia interna é dada pela primeira lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow \Delta U = (+2.000) - (-1.500)$$

$$\therefore \Delta U = +3.500 \text{ J}$$

Na presente situação, o gás recebe energia de duas maneiras: na forma de trabalho e na forma de calor. Logo, sua energia interna e, consequentemente, sua temperatura só poderiam aumentar.

8 Na expansão, o trabalho é positivo: $\zeta = +800 \text{ J}$. A quantidade de calor é perdida para o ambiente, sendo, portanto, negativa: $Q = -600 \text{ J}$. Aplicando a primeira lei da Termodinâmica, obtemos a variação da energia interna:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow \Delta U = (-600) - (+800)$$

$$\therefore \Delta U = -1.400 \text{ J}$$

9 Nesse caso, temos de calcular primeiramente a variação de energia interna do sistema.

a) Independentemente de que tipo de expansão o gás sofra, podemos calcular sua variação de energia interna fazendo:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot (+200)$$

$$\therefore \Delta U = +12.465 \text{ J}$$

Observação: A variação de temperatura de 1.200°C corresponde a uma variação de 1.200 K .

b) Aplicando a primeira lei da Termodinâmica, sendo $\zeta = +8.310 \text{ J}$, temos:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow +12.465 = Q - (+8.310)$$

$$\therefore Q = +20.775 \text{ J}$$

10 Determinemos, inicialmente, o calor recebido pelo gás. A fonte de 100 W fornece ao gás 100 J a cada segundo. Então, em 30 minutos (1.800 s), teremos:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 100 \cdot 1.800$$

$$\therefore Q = 1,8 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Pela primeira lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow \Delta U = 1,8 \cdot 10^5 - 1,2 \cdot 10^5$$

$$\therefore \Delta U = 6 \cdot 10^4 \text{ J}$$

CAPÍTULO 4 Segunda lei da Termodinâmica

Metas do capítulo

- Apresentar os conceitos de máquina térmica e bomba de calor.
- Entender o funcionamento das máquinas térmicas e suas limitações.
- Compreender e aplicar o conceito de rendimento das máquinas térmicas.
- Apresentar a segunda lei da Termodinâmica, suas aplicações e implicações.

Sugestões didáticas e comentários

Ao final do estudo deste capítulo, o estudante deverá estar apto a compreender a segunda lei da Termodinâmica, que prevê a limitação da conversibilidade de calor em trabalho útil, e a perceber sua aplicação em motores a explosão e em máquinas frigoríficas. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

• EM13CNT301

No decorrer do texto e das atividades do capítulo, a habilidade **EM13CNT301** é evidenciada, uma vez que o estudante é incentivado a construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas para construir, avaliar e justificar conclusões para o enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

A **competência geral 1** também é evidenciada ao longo do capítulo, pois valoriza e utiliza conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e social para entender e explicar a realidade e continuar aprendendo.

1. Introdução

A leitura prévia de um texto pode ser útil para organizar a discussão ao apresentar o conteúdo desta seção, de modo que os estudantes possam formular questões pertinentes ao tema e, assim, ter uma participação efetiva no debate. Para se aprofundar um pouco mais na história do desenvolvimento das máquinas térmicas, sugerimos a leitura do artigo “Uma breve história das máquinas térmicas”, de José Maria Filardo Bassalo, disponível em: <<https://seara.ufc.br/wp-content/uploads/2019/03/folclore246.pdf>>. (Acesso em: 14 jul. 2020.)

2. Máquinas térmicas

Após essa introdução, é interessante apresentar uma questão do Enem (reproduzida a seguir) que traz um problema envolvendo uma máquina térmica, a geladeira.

Ainda que os estudantes não dominem todos os conceitos necessários para sua solução, pode-se propor a questão como um desafio. Com base no conhecimento prévio dos estudantes, pode-se debater com a turma a alternativa correta, de modo que seja possível detectar e corrigir conceções equivocadas que tenham base no senso comum. O importante é indicar qual é o princípio de funcionamento das máquinas térmicas, dialogando com a classe.

(Enem) A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.

Professor, após apresentar o enunciado da questão, se preferir, explique aos estudantes que o que circula pela serpentina inferior é, na verdade, um **líquido** muito comprimido,

que sofre um rápido aumento de volume ao chegar à válvula de expansão, evapora ao circular pelo “congelador” (que na verdade é um **evaporador**), liberando calor, e se condensa ao retornar ao compressor.

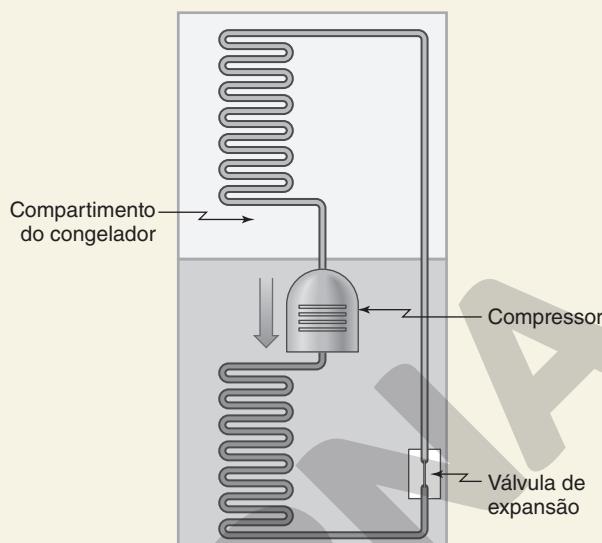


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2009/dia1_caderno1.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020 (adaptado).

Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

- a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da geladeira.
- o calor flui de forma não espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.**
- a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

Aproveite a oportunidade para explorar os itens **a** e **c** deste exercício, verifique com os estudantes quais alterações eles poderiam realizar nas alternativas para que elas fossem consideradas corretas. Para esta situação, é esperado que eles proponham que as alternativas possam ser escritas das seguintes formas:

- a expansão **adiabática** do gás é um processo que cede **calor para o ambiente externo ao refrigerador, produzindo o resfriamento do ambiente interno**.
- a quantidade de calor cedida ao meio externo é **a soma da quantidade de calor retirado do interior da geladeira com a energia recebida do meio externo, em geral energia elétrica**.

Espera-se que os estudantes de Ensino Médio sejam capazes de identificar tipos de energia e processos de conversão de um tipo em outro utilizados no cotidiano, seja no contexto doméstico, por meio da compreensão do funcionamento de

uma geladeira ou do condicionador de ar, seja no contexto social, quando da tomada de decisão entre a construção de uma usina termoelétrica ou termonuclear. O conhecimento sobre os processos físicos e sobre o funcionamento de máquinas térmicas promove ganho significativo de autonomia por parte do estudante.

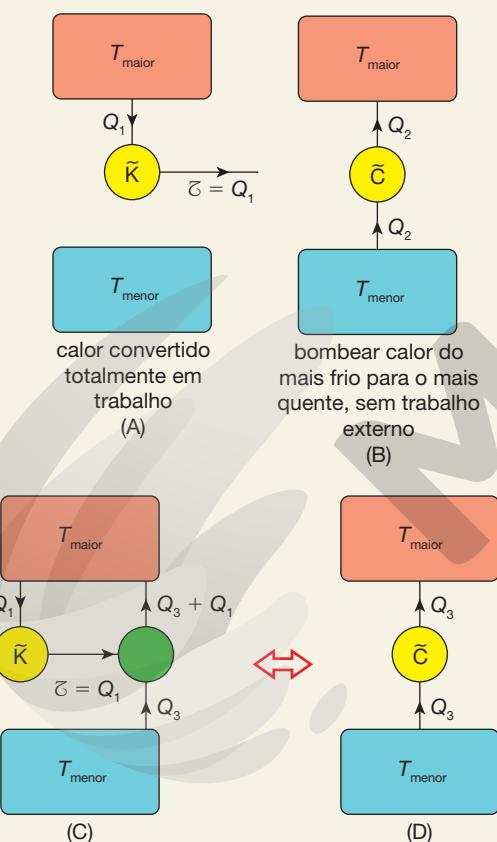
A questão aqui apresentada trata de conceitos da Termodinâmica e sua relação com uma máquina térmica presente em praticamente todos os lares brasileiros: a geladeira.

Não se espera que o estudante conheça tecnicamente o funcionamento de uma geladeira, mas é indispensável que ele venha a conhecer os aspectos gerais dos processos físicos presentes nas conversões de energia e no transporte dos fluidos refrigerantes.

3. Segunda lei da Termodinâmica

Pode-se apresentar a segunda lei da Termodinâmica como uma lei que estabelece o sentido da transformação de energia em processos naturais: o calor por si só jamais flui espontaneamente de um corpo de menor temperatura para um corpo de maior temperatura.

Demonstração da equivalência dos enunciados de Kelvin e Clausius para a segunda lei da Termodinâmica.



ILLUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fig. 1 (A) O calor é convertido integralmente em trabalho, violando o enunciado de Kelvin (\tilde{K}). (B) o calor é transferido do corpo de menor temperatura para o de maior temperatura, sem acréscimo de energia externa, contrariando o enunciado de Clausius (\tilde{C}). (C) “máquina ideal” de Kelvin acoplada a uma máquina térmica real. (D) equivalência da impossibilidade dos dois processos.

Na figura 1, em (A) idealizamos uma máquina que converte integralmente calor em trabalho ($\tilde{\zeta} = Q_1$), contrariando Kelvin. Em (B), idealizamos uma bomba térmica que transfere calor de um local (corpo) mais frio para outro mais quente, sem absorver energia do meio externo ($Q_2 = Q_2$), contrariando Clausius. Em (C), acoplamos a máquina ideal de (A) com uma bomba térmica “real”. Assim, para essa bomba, temos:

$$\underbrace{Q_3 + \tilde{\zeta}}_{\text{entra na bomba}} = \underbrace{Q_3 + Q_1}_{\text{entra na bomba}} \text{ (conservação da energia)}$$

Portanto, para o sistema de temperatura maior, tudo se passa como se apenas entrasse a quantidade de calor Q_3 extraída do sistema de temperatura menor. Conclusão: converter calor integralmente em trabalho equivale a transferir calor de uma fonte mais fria para outra mais quente “de graça”. Ambas as situações **não** ocorrem na natureza.

4. Rendimento de uma máquina térmica

Enfatize junto aos estudantes que o rendimento de 100% ($\eta = 1$) contraria a segunda lei da Termodinâmica:

$$\eta = 1 \Rightarrow \tilde{\zeta} = Q_1 \Rightarrow Q_2 = 0$$

Uma máquina com esse rendimento retiraria a quantidade de calor Q_1 da fonte quente e a converteria integralmente em trabalho, $\tilde{\zeta}$, e nada rejeitando para a fonte fria. Isso é impossível! Na prática, as máquinas térmicas apresentam rendimentos baixos. As melhores têm rendimentos na faixa dos 30%.

Sugestão de atividade complementar

Como atividade complementar, você pode sugerir uma roda de conversa a respeito de algumas características da “maria-fumaça”, locomotiva a vapor usada antigamente para puxar os vagões de um trem. Após explicar aos estudantes que a maria-fumaça é uma máquina térmica que queima lenha para seu funcionamento, você pode sugerir que eles identifiquem seus elementos constituintes, como o fluido de trabalho e as fontes quente e fria.

Para responder a esses questionamentos, o estudante deve ter por base que o fluido de trabalho utilizado é o vapor de água, que a fonte quente é a fornalha, responsável pela queima da lenha, e que a fonte fria é o próprio ar atmosférico.

No vídeo “Programa Nota 10_Trem Maria Fumaça 2”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zsD9PNRo_os> (acesso em: 13 jul. 2020), há a apresentação da maria-fumaça. É interessante que os estudantes assistam ao vídeo para que observem o movimento da maria-fumaça, pois eles já têm condições de responder à questão proposta.

Dialogando com o texto

Professor, no artigo disponível no endereço <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5328/1/td_2123.pdf> (acesso em: 13 jul. 2020), é possível encontrar

informações a respeito da utilização de veículos elétricos que podem servir de ponto de partida para a realização da atividade proposta neste boxe.

De olho na BNCC

- EM13CNT102 • EM13CHS103 • EM13LGG304
- EM13CNT302 • EM13LGG303

O boxe *Dialogando com o texto* permite o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT302**, pois sugere que os estudantes elaborem tabelas com o objetivo de participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental; e **EM13CNT102**, ao incentivar o estudante a avaliar intervenções de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade.

A habilidade **EM13CHS103**, da área de Ciências humanas e sociais aplicadas, também é evidenciada neste boxe, ao incentivar o estudante a compor argumentos relativos a processos ambientais relacionados à utilização de diferentes tipos de veículo. Além disso, ao incentivar o debate de questões de relevância social, consciência socioambiental e consumo responsável, possibilita também o desenvolvimento das habilidades **EM13LGG303** e **EM13LGG304**, da área de Linguagens e suas Tecnologias.

5. Máquina frigorífica ou refrigerador

Professor, se achar conveniente, como sugestão de atividade prática ou só para discussão, a máquina da figura a seguir poderia servir de mote. Funcionamento: os raios da roda são tiras de borracha que, quando aquecidas, se contraem deslocando o centro de massa do conjunto e fazendo a roda girar. Se o aquecimento for feito do lado oposto, a roda gira no sentido oposto. É a(o) energia mecânica (trabalho) obtida(o) a partir do calor.



ILLUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: FEYNMAN, Richard P., *Lições de Física*. São Paulo: Bookman, 2008. v. 1.

No endereço <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-42074161>> (acesso em: 10 abr. 2021), há um texto sobre a história da invenção da geladeira.

Pode-se pedir aos estudantes que pesquisem manuais de instrução de uso de refrigeradores de vários modelos, alguns disponíveis na internet, para comparar suas características, como capacidade (em litros), consumo de energia elétrica (em kWh) etc.

Atividade em grupo

Mais do que levar a compreender o funcionamento da geladeira *frost-free*, a atividade visa dar aos estudantes a

oportunidade de entrevistar um profissional, bem como de estabelecer critérios para julgar os prós e os contras da troca de uma geladeira comum por uma geladeira *frost-free*.

De olho na BNCC

- EM13CNT102
- EM13CNT301

Esta *Atividade em grupo* permite o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT301**, na medida em que o estudante é incentivado a construir questões, elaborar hipóteses e previsões a fim de avaliar situações-problema sob uma perspectiva científica; e **EM13CNT102**, ao incentivar o estudante a avaliar o funcionamento de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade.

Aplicando conhecimentos

- 1** Alternativa C.

Convém esclarecer aos estudantes que por máquina térmica se entende a máquina que, trabalhando em ciclos, converte continuamente calor em trabalho. Dos dispositivos citados, o único capaz de transformar continuamente calor em trabalho, funcionando em ciclos, é o motor a álcool.

- 2** Alternativa C.

Inicialmente, a temperatura da sala diminui um pouco, pois o ar interno à câmara da geladeira está mais frio que o ar da sala. Porém, com o passar do tempo, o compressor vai retirando uma quantidade de calor Q_1 do ar da sala, e será rejeitada para esse mesmo ambiente uma quantidade $Q_2 = Q_1 + \text{a energia consumida pelo compressor, da fonte externa que o alimenta}$. Assim, sendo $Q_2 > Q_1$, a temperatura da sala aumentará com o passar do tempo.

- 3** a) O trabalho útil de um ciclo é dado pela diferença entre a quantidade de calor trocada com a fonte quente e a quantidade de calor trocada com a fonte fria. Obtido esse valor, basta multiplicar pela quantidade de ciclos que a máquina realiza por segundo:

$$\zeta_{(1 \text{ ciclo})} = 250 \text{ J} - 180 \text{ J} = 70 \text{ J}$$

$$\zeta_{(1 \text{ segundo})} = 6 \text{ ciclos} \cdot 70 \frac{\text{J}}{\text{ciclo}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \zeta_{(1 \text{ segundo})} = 420 \text{ J}.$$

- b) A potência P da máquina térmica é calculada fazendo-se:

$$P_{\text{útil}} = \frac{\zeta}{\Delta t} \Rightarrow P_{\text{útil}} = \frac{420 \text{ J}}{1 \text{ s}} \Rightarrow P_{\text{útil}} = 420 \text{ W}.$$

- c) O rendimento dessa máquina térmica é dado por:

$$\eta = \frac{\zeta}{Q_1} \Rightarrow \eta = \frac{70 \text{ J}}{250 \text{ J}} \Rightarrow \eta = 0,28 = 28\%.$$

- 4** O exercício explora o cálculo da eficiência de uma máquina frigorífica. Convém mostrar aos estudantes que, na máquina frigorífica, o gás deve receber trabalho de uma fonte externa (compressor) para realizar o ciclo.

- a) Sendo $\zeta = 2,0 \cdot 10^4 \text{ J}$ o trabalho do compressor, portanto recebido pelo sistema gasoso, e $Q_2 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ J}$, a quantidade de calor retirada do congelador (fonte fria), então a quantidade de calor

Q_1 rejeitada para o meio externo pela serpentina (fonte quente) é dada por:

$$Q_2 = Q_1 + \bar{C} \Rightarrow Q_1 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ J} + 0,2 \cdot 10^5 \text{ J} \\ \therefore Q_1 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ J}$$

- b) A eficiência desse refrigerador é, por definição, dada por:

$$\eta = \frac{Q_2}{\bar{C}} \Rightarrow \eta = \frac{1,0 \cdot 10^5 \text{ J}}{0,2 \cdot 10^5 \text{ J}} \Rightarrow \eta = 5,0$$

6. Máquina de Carnot

Mostre aos estudantes que, na máquina de Carnot, as quantidades de calor Q_1 e Q_2 são proporcionais às respectivas temperaturas T_1 e T_2 das fontes com as quais são trocadas, ou seja:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \text{ ou } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Assim, o rendimento da máquina de Carnot é dado por:

$$\eta = \frac{\bar{C}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Enfatize aos estudantes que o rendimento de uma máquina de Carnot não depende do fluido de trabalho; depende apenas das temperaturas T_1 da fonte quente e T_2 da fonte fria.

A análise do exemplo apresentado permite compreender melhor o ciclo de Carnot e a máquina de Carnot, isto é, um modelo teórico de máquina térmica que realizaria esse ciclo.

De olho na BNCC

• EM13MAT510

Esta seção permite o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT510**, da área de Matemática e suas Tecnologias, ao apresentar conjuntos de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas (pressão e volume) por meio de gráficos.

Aplicando conhecimentos

- 5 Alternativa D.

Entre essas temperaturas, o rendimento máximo seria:

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta_{\max} = 1 - \frac{(27 + 273)}{(327 + 273)} \Rightarrow \\ \Rightarrow \eta_{\max} = 1 - \frac{300}{600} \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{2} = 50\%$$

Esse é o rendimento de uma máquina ideal, portanto, a máquina referida no enunciado deve ter rendimento MENOR que 50%.

- 6 Alternativa D.

$$\eta_{\text{inicial}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0,40 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 0,60$$

$$\eta_{\text{final}} = 1 - \frac{\frac{1}{2} \cdot T_2}{2 \cdot T_1} \Rightarrow \eta_{\text{final}} = 1 - \frac{1}{4} \cdot \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \eta_{\text{final}} = 1 - \frac{1}{4} \cdot 0,60 = 1 - 0,15 \Rightarrow \eta_{\text{final}} = 0,85 \Rightarrow \\ \Rightarrow \eta_{\text{final}} = 85\%$$

Portanto, o rendimento aumenta 45%.

7. Processos naturais irreversíveis

Antes de apresentar o conceito de entropia, você pode ler e aplicar a atividade proposta do artigo “Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia”, de Marco Aurélio Alvarenga Monteiro, José Silvério Edmundo Germano, Isabel Cristina de Castro Monteiro e Alberto Gaspar, publicado no Caderno Brasileiro do Ensino de Física, v. 26, n. 2, ago. 2009, e disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n2p367/12753>>. (Acesso em: 13 jul. 2020.)

Nesse artigo, os autores propõem um experimento simples, didático e de baixo custo para ilustrar o conceito de entropia e o caráter probabilístico dos microestados e macroestados. Basicamente, o experimento consiste em bolinhas de gude dispostas em uma caixa com dois compartimentos, que são separados por uma parede com uma pequena fenda. Na presença de eventos aleatórios (chacoalhadas horizontais na caixa), o número de microestados de maior probabilidade de ocorrer é aquele em que as bolinhas se dividem igualmente em ambos os compartimentos.

Aplicando conhecimentos

- 7 a) A resposta é pessoal, mas o filme estaria mostrando processos “de trás para a frente” se apresentasse situações que não ocorreriam naturalmente. Seguem alguns exemplos:

- verter parte do conteúdo de uma garrafa de refrigerante em um copo;
- verter café sobre o leite em uma xícara;
- um avião decolando ou pousando;
- um pêndulo oscilando até atingir o repouso;
- uma vela queimando;
- chuva caindo;
- uma pedra de gelo derretendo sobre uma mesa etc.

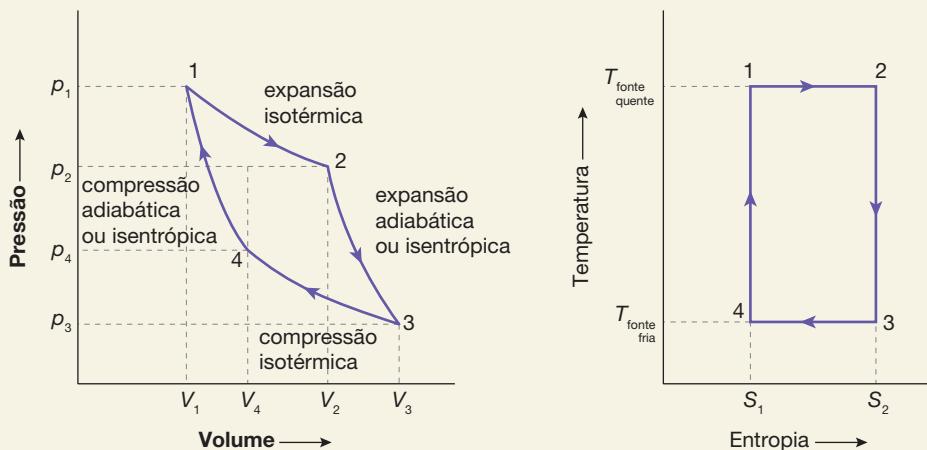
- b) Processos irreversíveis.

- c) Algumas respostas possíveis:

- uma esfera girando com velocidade constante (“bola de espelhos” para animar festas);
- o movimento de uma bola que sobe por uma rampa, até atingir o repouso;
- um elevador subindo ou descendo verticalmente, visto de fora;
- o piscar das lâmpadas em árvore de natal
- uma pessoa abrindo ou fechando uma janela etc.

$$8 \Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \Rightarrow \Delta S = \frac{m \cdot L_f}{T} \Rightarrow \Delta S = \frac{27,3 \text{ g} \cdot 333,6 \text{ J/g}}{273 \text{ K}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta S = 33,36 \text{ J/K}$$

- 9 Professor, comente com a sala que a área do retângulo no diagrama $T \times S$ é numericamente igual ao trabalho realizado no ciclo.



- 10** Para que a máquina de Carnot tivesse um rendimento de 100%, ou seja, $\eta = 1$, a fonte fria deveria estar a uma temperatura $T_2 = 0\text{ K}$. Como, de acordo com a segunda lei da Termodinâmica, é impossível que uma máquina térmica operando em ciclos tenha rendimento de 100%, podemos concluir que o zero absoluto (0 K) é inatingível.
- 11** O ciclo de Carnot é isentrópico, isto é, a entropia final é igual à entropia inicial: $S_2 = S_1$. Mas, por definição, a entropia é dada pela razão entre a quantidade de calor trocada e a temperatura absoluta em que ocorre essa troca. Assim, temos:

$$S_1 = \frac{Q_1}{T_1} \text{ e } S_2 = \frac{Q_2}{T_2}$$

Substituindo na igualdade $S_2 = S_1$, obtemos: $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$.

CAPÍTULO 5 Dinâmica das populações e sucessão ecológica

Metas do capítulo

- Conhecer e conceituar algumas características das populações – densidade demográfica, taxa de crescimento populacional, taxa de natalidade e taxa de mortalidade – e aplicar esses conhecimentos na interpretação de curvas de crescimento populacional.
- Conhecer os principais fatores que regulam o tamanho das populações biológicas.
- Conhecer dados históricos e projeções sobre a tendência de crescimento das populações humanas.
- Compreender os riscos decorrentes da explosão demográfica, discutindo e formando opinião sobre controle de natalidade, planejamento familiar e sustentabilidade.
- Conceituar sucessão ecológica e conhecer as principais mudanças observadas em relação à biomassa, à estabilidade e à biodiversidade das comunidades ao longo da sucessão.
- Conceituar microclima, homeostase e comunidade clímax, e conhecer alguns dos fatores que determinam as características de um ecossistema de determinada região.
- Conceituar bioma e conhecer as principais características e a localização geográfica dos principais biomas do mundo: Tundra; Taiga; Floresta Temperada; Floresta Tropical; Savana; Pradaria e Deserto.

- Conhecer as principais características e os principais biomas brasileiros: Floresta Amazônica; Floresta Pluvial Costeira; Floresta de Araucárias; Cerrado; Pampas; Caatinga; Pantanal; Floresta de Cocais e Manguezal.
- Aplicar conhecimentos sobre os biomas a temas da atualidade, como a preservação dos ambientes naturais, a sustentabilidade e a exploração racional de recursos.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. A **abertura do capítulo** chama a atenção dos estudantes para a alta taxa de crescimento da população humana ao longo de sua história, principalmente nos últimos três séculos; o principal questionamento é: quando a humanidade atingirá a capacidade de suporte do planeta? É interessante que os estudantes pesquisem o tamanho da população humana no momento em que estiverem estudando o capítulo. Em 2019, por exemplo, a população já havia atingido 7,7 bilhões de habitantes, segundo as estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU). Qual será o número de pessoas na Terra em 2022? A previsão é que, em 2050, o número de seres humanos aproxime-se dos 10 bilhões.

Atividade em grupo

Esta atividade em grupo é uma espécie de “aquecimento” para abordar o tema da população humana. Procure acompanhar os trabalhos sugeridos na atividade, que que ensejam uma ação pedagógica importante de interdisciplinaridade, principalmente com as disciplinas de História, Geografia e Filosofia. Se houver tempo e interesse, peça aos estudantes que leiam para os colegas de classe os textos que produziram tendo por base suas pesquisas.

De olho na BNCC

- EM13CNT206
- EM13CNT302
- EM13CHS201
- Competência geral 2

A atividade possibilita trabalhar as habilidades **EM13CNT206** e **EM13CNT302**, ao propor aos estudantes que avaliem como o crescimento da população humana afeta a sustentabilidade do planeta; além disso, estimula que os estudantes comuniquem os resultados de suas pesquisas por meio de textos escritos.

O estudo da dinâmica de populações ao longo do tempo e a análise de dados históricos sobre o assunto possibilita o desenvolvimento da habilidade da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas **EM13CHS201** e da **competência geral 2**, na medida em que a atividade envolve trabalhos intelectuais de investigação e de análise na formação de opinião sobre os possíveis problemas decorrentes do crescimento populacional descontrolado.

1. Características das populações biológicas

O item trata das populações biológicas como importantes unidades ecológicas. O estudo de certas características de uma população ao longo do tempo informa se ela está em expansão, em declínio ou estável, o que permite estabelecer correlações com fatores como disponibilidade de alimento, clima etc.

Combine com os professores de Geografia e de História a possibilidade de realizar algum tipo de atividade conjunta sobre populações humanas, demografia etc. A atividade em grupo proposta anteriormente pode ser complementada pela análise de gráficos sobre o tamanho das populações humanas em diferentes épocas, desde a Pré-História até hoje. Consulte os professores de Geografia sobre a possibilidade de eles conversarem com os estudantes sobre as correlações entre o tamanho populacional e fatos históricos, como a invenção da agricultura, o uso de antibióticos etc. O resultado poderia ser uma exposição oral pelos estudantes, se possível acompanhada de imagens, contando com as participações conjuntas dos professores de Geografia, História e Biologia, além de outros interessados no assunto.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a taxa de natalidade no Brasil vem diminuindo ao longo dos anos. No ano 2000 era de 20,86 por mil habitantes, em 2005 caiu para 18,15 a cada mil habitantes, chegando a 14,16 por mil habitantes em 2015. Peça aos estudantes que pesquisem dados mais antigos e mais recentes dessas taxas. Incentive-os a encontrar informações sobre o índice de fertilidade da mulher brasileira (em 2016, esse índice, ou taxa, era de 1,76). Se possível, promova um debate entre os estudantes sobre os resultados de suas pesquisas sobre o tema.

De olho na BNCC

- EM13CNT202
- EM13CNT203

Este item do capítulo possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, ao estudar as características limitantes à vida, e **EM13CNT203**, ao abordar fatores que afetam a dinâmica das populações.

2. Fatores que regulam o tamanho populacional

O item 2 aborda um exemplo de como determinadas relações ecológicas relacionam-se com o tamanho das populações, no caso as flutuações no tamanho das populações de lebres e seus predadores linces, no Ártico. Entretanto, o destaque do item fica para o crescimento explosivo da população humana e suas possíveis consequências para o ambiente, talvez em um futuro não muito distante.

O estudo da explosão populacional da humanidade possibilita desenvolver a habilidade **EM13CNT206**, que trata da importância de preservar a biodiversidade e sobre aspectos ideológicos e práticos da sustentabilidade ambiental. Questione a opinião dos estudantes sobre os possíveis impactos da explosão populacional no planeta, levando-os a refletir sobre danos causados por ação antrópica e sobre a importância de preservar a biodiversidade.

De olho na BNCC

- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CHS201

O estudo do item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, ao estudar as características limitantes à vida; **EM13CNT203**, por estimular os estudantes a conhecer e relacionar fatores que afetam a dinâmica das populações; e **EM13CNT206**, ao promover o debate sobre como o crescimento acentuado da humanidade vem afetando o ambiente.

A habilidade **EM13CHS201**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, também dialoga com esse item, na medida em que permite a análise da dinâmica das populações em função de eventos naturais, econômicos, sociais e culturais.

3. Sucessão ecológica

Neste item são estudados os tipos e os principais aspectos da sucessão ecológica, processo em que comunidades biológicas de uma região se sucedem até a formação de uma comunidade clímax, na qual a teia de relações entre as espécies confere estabilidade ao sistema ecológico. Uma sugestão para tornar o assunto mais concreto é promover uma pesquisa sobre a sucessão que ocorreu na antiga ilha vulcânica de Rakata. Essa ilha faz parte de um arquipélago entre Sumatra e Java. Atualmente Rakata é uma ilha coberta por densas florestas verdes e é difícil imaginar que em 1883 o local foi palco de um dos mais violentos eventos vulcânicos de que se tem notícia, que extinguiu todas as formas de vida da ilha. Krakatau, ou Cracatoa, era o nome do vulcão e da ilha da qual só restou Rakata, após a erupção.

Oriente os estudantes a formar grupos para pesquisar, em sites confiáveis da internet, a sucessão ecológica que ocorreu após a erupção vulcânica em Rakata. Há alguns sites em português, encontráveis pesquisando termos como “sucessão ecológica + Rakata + Cracatoa”. Há muitas informações em sites de língua inglesa, o que abre a possibilidade de trabalhar conjuntamente com a disciplina de Inglês. Os resultados do trabalho podem ser apresentados em formato de seminário, em que os grupos trocam e discutem informações mediados pelo professor.

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa B.
- 2 Alternativa A.

Aproveite a oportunidade para verificar os conceitos assimilados pelos estudantes a respeito do tema.

De olho na BNCC

- EM13CNT202
- EM13CNT203

O estudo do item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, ao analisar diferentes formas de manifestação da vida, seus diferentes níveis de organização e fatores limitantes e favoráveis à vida, no contexto da sucessão ecológica; e **EM13CNT203**, ao estudar os efeitos de mudanças bruscas nos ecossistemas, ilustradas pelo caso da atividade vulcânica que dizimou a flora e a fauna da ilha de Rakata.

4. Os grandes biomas do mundo

O item aborda o estudo dos biomas do mundo e do Brasil, propiciando integração com a disciplina de Geografia, que geralmente trata do tema de um ponto de vista diferente do da Biologia. O assunto pode ser enriquecido com a integração de aspectos sociológicos e econômicos, ampliando o horizonte cultural dos estudantes. Hoje há um movimento positivo de conscientização para a preservação dos ambientes naturais. Diversos estudos sugerem que apenas por meio da ação consciente a humanidade poderá evitar catástrofes advindas da destruição dos grandes ecossistemas. Vale a pena explorar a importância da preservação dos biomas brasileiros para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes das diferentes regiões do país.

Dialogando com o texto

Esta atividade propõe que os estudantes conversem sobre os biomas que eles conhecem pessoalmente, tanto onde moram como os que conheceram em viagens. A proposta é que o resultado do trabalho seja formatado em um texto, que os estudantes podem compartilhar com os colegas tanto por meio físico como por mídias digitais.

Peça aos estudantes que formem grupos de trabalho para pesquisar os grandes biomas do Brasil (Cerrado, Caatinga, Floresta Amazônica etc.). Destaque a importância de conhecer o índice de chuvas, as temperaturas médias e a flora e a fauna. Oriente os grupos sobre a importância de sistematizar as informações, ou seja, apresentar a mesma organização de dados sobre cada bioma pesquisado, o que facilita a comparação. Se for o caso, sugira aos estudantes que conversem com os professores de Geografia sobre o tema. Estimule-os também a procurar informações em atlas, em livros de Geografia e em sites confiáveis na internet, que podem apresentar dados econômicos e socioculturais interessantes e relevantes. Os resultados da pesquisa podem ser apresentados a toda a escola, na forma de murais, painéis, jornais, seminários etc. A divulgação dos resultados por diferentes formas colabora para desenvolver a habilidade **EM13CNT302**.

Dialogando com o texto

A atividade estimula os estudantes a refletir sobre a importância dos manguezais para as populações locais e para os ecossistemas. Os manguezais, além de prover alimento como moluscos e crustáceos às populações do entorno, também são locais de criadouro de inúmeras espécies marinhas.

Considere a possibilidade de promover uma discussão em classe a respeito da importância da preservação e da conservação da biodiversidade existente nos manguezais.

De olho na BNCC

- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT206

O estudo do item possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT202**, ao abordar as diversas formas de manifestação da vida e fatores favoráveis e limitantes nos diferentes biomas; **EM13CNT203**, ao estimular a reflexão sobre os possíveis efeitos de intervenções antrópicas nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos dos diferentes biomas; e **EM13CNT206**, ao propor que os estudantes discutam o impacto das ações humanas nos manguezais, reflitam sobre a relevância desse ecossistema para as populações locais e reconheçam a importância da preservação de sua biodiversidade.

CAPÍTULO 6 Acidez e basicidade de soluções aquosas

Metas do capítulo

- Compreender o que são as constantes de ionização ou dissociação de ácidos e bases e realizar cálculos utilizando-as.
- Relacionar constante de ionização, grau de ionização e concentração em quantidade de matéria por meio da lei da diluição de Ostwald.

- Prever deslocamento de equilíbrio associado ao efeito do íon comum.
- Compreender o processo de autoionização da água e o conceito de produto iônico da água.
- Conhecer as escalas de pH e pOH e interpretar corretamente valores dessas grandezas a 25 °C.

- Compreender a influência dos fatores pressão e temperatura na solubilidade de gases em água, incluindo sua quantificação por meio da lei de Henry.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Na abertura do capítulo são discutidos efeitos nocivos do aumento da concentração do gás dióxido de carbono, $\text{CO}_2(\text{g})$, nos oceanos. Faça um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o aquecimento global e a acidificação dos oceanos. Solicite que proponham uma equação que descreva a reação entre dióxido de carbono e água. Investigue também o que os estudantes entendem por acidificação dos oceanos e quais seriam seus impactos.

Sugira aos estudantes que registrem suas concepções e reserve um tempo, ao final do capítulo, para retornar a elas, a fim de que eles possam reavaliá-las e reformulá-las, percebendo assim o quanto aprenderam ao estudar o capítulo.

Explique para os estudantes o que são os corais e qual é a sua importância para a vida marinha. Comente que os corais compõem um grupo de animais que formam grandes colônias no substrato oceânico e fornecem abrigo e alimento para grande diversidade de outros seres marinhos que vivem em meio a eles. Ressalte que o esqueleto dos corais é formado com base em um equilíbrio químico que pode ser alterado a partir do aumento da acidez do meio.

Comente, a título introdutório, que parte considerável do gás carbônico liberado na atmosfera é absorvida pela água dos oceanos e, ao ser nelas solubilizado, aumenta sua acidez. Esse aumento de acidez dos oceanos é um dos fatores que influenciam a sobrevivência dos corais, pois pode afetar sua capacidade de produzir carbonato de cálcio (CaCO_3), principal componente do seu esqueleto.

1. Constante de ionização de ácidos

Escreva na lousa, solicitando o auxílio dos estudantes, as reações de ionização dos ácidos apresentados no Livro do Estudante – ácido perclórico, $\text{HClO}_4(\text{aq})$, e ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ –, ressaltando que são processos que originam equilíbrios iônicos (equilíbrios envolvendo íons). Explique como equacionar a constante de ionização ácida (ou constante de dissociação ácida), K_a , para os exemplos dados. Em seguida, interprete os valores de K_a para cada ácido, relacionando-os à tendência de a substância sofrer ionização em maior ou menor grau. Use a Tabela 1 do Livro do Estudante para comparar a força de alguns ácidos e auxilie os estudantes a interpretar essas informações.

Explique que os ácidos com mais de um hidrogênio ionizável apresentam uma constante de ionização para cada etapa de ionização. Peça aos estudantes que observem atentamente a Tabela 2 do Livro do Estudante e observem os valores de K_a para as diferentes etapas de ionização. Com base nos valores para o ácido fosfórico, $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$, peça que proponham uma razão pela qual $K_1 > K_2 > K_3$. Espera-se que eles percebam que, a cada etapa de ionização, a transferência de um íon H^+ para a água (formando H_3O^+) requer que o cátion H^+ se separe do ânion resultante, cuja carga é sucessivamente maior, em mó-

dulo, a cada nova ionização. Assim, a tendência de ionização diminui progressivamente a cada nova etapa.

Defina a constante de dissociação básica (K_b) e apresente aos estudantes as semelhanças entre o equacionamento das constantes K_a e K_b . Na lousa, mostre como elaborar a expressão matemática da constante de dissociação básica para a reação química entre a amônia e a água.

2. Lei da diluição de Ostwald

Para desenvolver os conteúdos desse item, retome inicialmente o conceito de grau de equilíbrio (α), abordado no Capítulo 2, e estenda-o para a ionização de um ácido, dizendo que, nesse caso, a grandeza é denominada grau de ionização.

Mostre, a seguir, que a concentração de H_3O^+ na solução aquosa de um monoácido (ácido monoprótico) pode ser calculada se conhecermos os valores de α e da concentração nominal da solução, \mathcal{M} , isto é, a concentração no momento do seu preparo. Ressalte, por meio de um exemplo numérico como o apresentado no Livro do Estudante, que o uso da expressão $[\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha \cdot \mathcal{M}$ nada mais é do que um cálculo de porcentagem. (Esse raciocínio é explorado no *Dialogando com o texto*, comentado à frente.)

Atente para a possibilidade de os estudantes apresentarem dúvidas quanto à estequiométria da reação de ionização: a partir de 1 mol do ácido acético (CH_3COOH) são formados 1 mol de íons H_3O^+ e 1 mol de íons CH_3COO^- .

Desenvolva de forma detalhada, como apresentado no Livro do Estudante, a dedução da lei da diluição de Ostwald e explique que essa equação permite relacionar, para uma solução aquosa de monoácido, os valores de α , \mathcal{M} e K_a , de modo que, sendo conhecidas duas dessas grandezas (em certa temperatura), a terceira pode ser determinada.

Uma situação frequente em que a lei da diluição de Ostwald se mostra muito útil é na determinação de α para monoácidos fracos. Esses eletrólitos se caracterizam, de modo geral, por valores numéricos de K_a da ordem de 10^{-5} ou menor. Convide os estudantes a, retornando à Tabela 1 do capítulo, determinarem quais dos ácidos listados podem ser considerados fracos.

Comente que, em concentrações da ordem de 0,1 mol/L, os ácidos fracos apresentam $\alpha \leq 5\%$, ou seja, $\alpha \leq 0,05$, o que permite a aproximação $1 - \alpha \approx 1$, que conduz a:

$$K_a = \alpha^2 \cdot \mathcal{M}$$

Assim, o cálculo de α , nesse caso, recai em uma equação do segundo grau de resolução relativamente simples, pois apresenta apenas termo em α^2 e termo independente, mas não termo em α . Resolvendo a equação em α , temos:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{\mathcal{M}}}$$

Você pode exemplificar considerando $K_a = 1,0 \cdot 10^{-6}$ e $\mathcal{M} = 1,0 \text{ mol/L}$, obtendo $\alpha = 1,0 \cdot 10^{-3}$, ou seja, 0,1%.

A lei da diluição de Ostwald também é bastante útil na determinação da concentração hidrogeniônica, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, de uma solução aquosa de ácido fraco, pois, substituindo a expressão de α na expressão de $[\text{H}_3\text{O}^+]$, temos

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha \cdot \mathcal{M} = \sqrt{\frac{K_a}{\mathcal{M}}} \cdot \mathcal{M} = \sqrt{\frac{K_a}{\mathcal{M}}} \cdot \mathcal{M}^{2\textcolor{blue}{x}}$$

chegando a:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot \mathcal{M}}$$

Aqui também, você pode exemplificar considerando os valores $K_a = 1,0 \cdot 10^{-6}$ e $\mathcal{M} = 1,0 \text{ mol/L}$, que conduzem a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$. A utilidade dessa expressão será ampliada no Capítulo 7, quando a utilizaremos como parte do raciocínio para calcular o pH de solução de monoácido fraco.

A seguir, comente que todo o raciocínio apresentado pode ser transposto para uma solução de monobase, neste caso, com K_b em lugar de K_a , $[\text{OH}^-]$ em lugar de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ e com α representando o grau de dissociação da monobase.

Por fim, explique a razão do nome *leida diluição*, conforme comentado no final do Item 2, no Livro do Estudante.

Dialogando com o texto

Esse boxe traz dois questionamentos para serem resolvidos pelos estudantes. Sugerimos que os estimule a resolver as situações propostas de forma individual ou em duplas. Posteriormente, faça as resoluções na lousa, certificando-se de que compreenderam que correspondem ao cálculo de porcentagens.

- Se $\alpha = 28\%$, isso significa que essa é a porcentagem de moléculas de ácido ionizadas. Como a concentração inicial é $0,1 \text{ mol/L}$, temos:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,28 \cdot 0,1 \text{ mol/L} = 0,028 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

- Se $\alpha = 0,95\%$, isso significa que essa é a porcentagem de moléculas de amônia ionizadas. Como a concentração inicial é $0,1 \text{ mol/L}$, temos:

$$[\text{OH}^-] = 0,0095 \cdot 0,1 \text{ mol/L} = 0,00095 \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = 9,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13MAT314**

O *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT101**, pois leva os estudantes a analisar e representar as transformações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos; e **EM13MAT314**, que estimula a resolução de problemas relacionados a grandezas determinadas pela multiplicação ou razão de outras.

Aplicando conhecimentos

- a) $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$
 $\text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NO}_2^-(\text{aq})$
 $\text{HClO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq})$
Aproveite para comentar com os estudantes que, na molécula do ácido hipocloroso, o átomo de oxigênio está ligado tanto ao átomo de hidrogênio quanto ao átomo de cloro ($\text{H}-\text{O}-\text{Cl}$). Assim, sua fórmula molecular também é escrita como HOCl e a do ânion correspondente, denominado hipoclorito, como OCl^- . Com efeito, a ionização do ácido hipocloroso pode ser assim equacionada:
 $\text{HOCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OCl}^-(\text{aq})$

- b) A força de um ácido pode ser avaliada pelo valor numérico de seu K_a . Consultando a Tabela 1 do Livro do Estudante, conclui-se que a ordem crescente de força é: $\text{HClO} < \text{HNO}_2 < \text{HNO}_3$.

- 2 a) Como o ácido acético é monoprótico, quando 1 mol dele se ioniza são produzidos 1 mol de íons H_3O^+ e 1 mol de íons CH_3COO^- .

Como $\mathcal{M} = 0,020 \text{ mol/L}$ e $\alpha = 3,0\%$, temos:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{3}{100} \cdot 0,020 \text{ mol/L} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Portanto, $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$.

- b) Como $\alpha \leq 5\%$, podemos usar a lei de Ostwald aproximada. Substituindo nela os valores numéricos:

$$K_a = \alpha^2 \cdot \mathcal{M} = (0,03)^2 \cdot 0,020 = (3 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}$$

$$K_a = 9 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 18 \cdot 10^{-6} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

De maneira equivalente, é possível resolver utilizando a expressão

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]},$$

substituindo $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ e considerando que, como a ionização do ácido acético é muito baixa, a concentração da forma molecular (não ionizada), $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, é praticamente a inicial, $0,020 \text{ mol/L}$. Com isso, chega-se ao mesmo resultado numérico, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

- c) Sim, os valores são iguais. A consistência está relacionada ao fato de K_a depender somente do ácido (acético, no caso) e da temperatura (25°C).

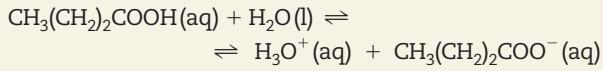
- 3 Considerando se tratar de um monoácido fraco, temos (usando uma expressão já deduzida neste capítulo do Suplemento do Professor):

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot \mathcal{M}} = (1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2})^{1/2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = (1,6 \cdot 10^{-7})^{1/2} = (16 \cdot 10^{-8})^{1/2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Ao docente, cabe o comentário de que o ácido butanoico pode ser representado por $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ e sua ionização por:



Outra resolução possível é por meio da expressão matemática de K_a :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}]}$$

A concentração de H_3O^+ e a do ânion butanoato, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-$, são iguais e vamos representar as duas por x . Além disso, como o valor numérico de K_a é inferior à ordem de grandeza 10^{-5} , o ácido butanoico é fraco, ionizando-se muito pouco. Assim, a concentração da forma molecular (não ionizada) é muito próxima da inicial. Substituindo os valores numéricos na expressão de K_a , obtemos:

$$1,6 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,010} \Rightarrow x = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Portanto, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$.

4 Consideremos a lei de Ostwald:

$$K_a = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \cdot \eta$$

Para determinado ácido, a diminuição na concentração inicial (η) acarreta um aumento no fator $\frac{\alpha^2}{1 - \alpha}$, pois o valor de K_a permanece constante (já que esta depende apenas do ácido e da temperatura). De maneira análoga, o aumento na concentração inicial conduz a uma diminuição no valor de $\frac{\alpha^2}{1 - \alpha}$. Assim, concluímos que α depende não somente de K_a (isto é, do ácido e da temperatura), como também da concentração inicial do ácido.

a) Permanece a mesma.

b) Aumenta, pois, segundo lei da diluição de Ostwald, a diminuição da concentração provoca o aumento do grau de ionização:

$$\text{constante } K_a = \uparrow \alpha^2 \cdot \eta \downarrow$$

c) De maneira análoga à que nos conduziu (na discussão neste Suplemento do Professor) à expressão $[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot \eta}$ para cálculo de $[H_3O^+]$ em solução aquosa de ácido fraco, podemos chegar a $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot \eta}$ para a determinação de $[OH^-]$ em solução aquosa de base fraca. Ao diluir a solução, η diminui e K_b permanece constante. Assim, da expressão $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot \eta}$, concluímos que a concentração de íons hidróxido diminui.

3. Efeito do íon comum na ionização de ácidos

A meta deste item é mostrar aos estudantes que a adição, a um meio aquoso, de um íon comum a um equilíbrio nele estabelecido provocará deslocamento desse equilíbrio. É oportuno começar a abordagem retomando as ideias discutidas no Capítulo 2 sobre deslocamento de equilíbrio decorrente da variação de concentração de reagente ou produto.

A seguir, desenvolva uma discussão detalhada sobre o exemplo numérico apresentado no Livro do Estudante, referente a um composto (o ácido dimetilfosfórico) que, por simplicidade, foi representado como HA (aq). Explique que é possível adicionar ânions A^- (aq) sem acrescentar mais ácido à solução. Para isso, basta adicionar ao meio um sal solúvel que contenha esse ânion. É importante que os estudantes percebam que a dissolução desse sal aumenta a concentração do ânion comum A^- (aq) na solução, o que acarretará um deslocamento do equilíbrio de ionização do ácido no sentido do reagente, o ácido não ionizado, HA(aq), reduzindo α .

Em seguida, apresente os outros exemplos do Livro do Estudante que ilustram o efeito do íon comum. Considerando o equilíbrio $NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$, ressalte que, ao adicionar à mistura um sal que possua o cátion NH_4^+ , ocorrerá deslocamento no sentido dos reagentes. Já no caso do equilíbrio entre íon cromato (CrO_4^{2-}) e íon dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) aquosos, explore a Figura 2 para mostrar que o aumento da concentração do íon comum H_3O^+ na solução provoca o deslocamento no sentido de produção de dicromato, o que faz a solução ficar mais alaranjada.

Sugestão de atividade complementar

Julgando conveniente, a fim de trabalhar experimentalmente o efeito do íon comum, você pode realizar uma das atividades experimentais proposta no artigo: FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. H.; ROCHA-FILHO, R. C. Algumas experiências simples envolvendo o princípio de Le Chatelier. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 28-31, 1997. Disponível em: <<http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc05/exper1.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

Referimo-nos ao experimento intitulado “efeito do íon comum: equilíbrio de ionização do ácido acético”, sugerido no artigo, que envolve materiais e reagentes acessíveis e possibilita inferir o efeito da presença adicional de íons acetato sobre o equilíbrio de ionização do ácido acético. Você pode realizá-lo de modo demonstrativo ou, se possível, dividir os alunos em grupos para realizarem a prática no laboratório.

Esteja atento à necessidade de uso de equipamento de proteção individual (EPI) – como avental de algodão, luvas e óculos de segurança – e às recomendações de segurança mencionadas no artigo sobre a utilização de hidróxido de sódio.

Quanto ao descarte das duas soluções produzidas, teste se o pH está na faixa entre 5 e 9 (o que, ao seguir corretamente o procedimento descrito, provavelmente será o caso). Em caso afirmativo, podem ser descartadas na pia. Caso o pH esteja abaixo de 5, devem ser lentamente neutralizadas, pelo professor ou técnico de laboratório, com solução diluída de hidróxido de sódio até pH na faixa entre 5 e 9. Caso o pH seja superior a 9, a neutralização deve ser feita com solução de ácido clorídrico 0,1 mol/L (ou com vinagre) até a faixa entre 5 e 9. Após esse procedimento, podem ser descartadas na pia.

Atividade em grupo

Na atividade, solicita-se que os estudantes concatensem informações recebidas, de modo a estabelecer uma narrativa coerente que explique como íons Na^+ e K^+ que estão combinados com a argila sólida podem ser absorvidos pela planta, para nutrição dela, já que a absorção ocorre somente se esses íons estiverem aquosos.

Em síntese, espera-se que os estudantes digam que o gás carbônico, CO_2 , produzido na respiração celular e liberado pelas raízes das plantas (informação 4) reage com a água do solo, produzindo íons H_3O^+ (aq) (equação dada na informação 5). Embora os íons Na^+ e K^+ não estejam inicialmente disponíveis, pois estão combinados com a argila (informação 1), o aumento da concentração de íons H_3O^+ (aq) desloca os equilíbrios de reações envolvendo a argila (equacionadas na informação 2) no sentido de produzir íons sódio e potássio aquosos, Na^+ (aq) e K^+ (aq), possibilitando que as raízes absorvam esses nutrientes (informação 3).

Para a produção dos vídeos, organize os estudantes em grupos e ajude-os na elaboração de um roteiro das informações a serem apresentadas e na concepção de como essas informações serão abordadas. Os vídeos produzidos pelos estudantes podem ser apresentados para a turma, a fim de estimular um debate sobre os diversos encaminhamentos, e nas mídias digitais da instituição, para divulgar o conhecimento para toda a comunidade escolar.

De olho na BNCC

• EM13CNT302

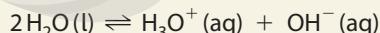
A Atividade em grupo possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302** da BNCC, pois leva os estudantes a comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, elaborando e/ou interpretando textos, símbolos, códigos e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos de relevância sociocultural e ambiental.

Aplicando conhecimentos

- 6 A adição de ácido acarreta aumento da concentração de íons H_3O^+ (aq), deslocando o equilíbrio mencionado 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^+ (aq), deslocando o equilíbrio no sentido dos reagentes, consumindo CO_2 .
- 7 A adição de ácido provoca aumento da concentração de íons H_3O^+ (aq), 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^+ (aq), desloca o segundo equilíbrio também no sentido dos produtos. Esse segundo deslocamento produz dióxido de carbono aquoso, que, em parte, é liberado na forma gasosa. Já a adição de uma base diminui a concentração de íons H_3O^+ (aq) e desloca os dois equilíbrios no sentido dos reagentes, não acarretando efervescência.
- 8 A adição de ácido neutraliza íons OH^- (aq), 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^- (aq), provocando deslocamento do equilíbrio no sentido dos reagentes, produzindo NH_3 (aq), intensificando a liberação de amônia gasosa e acentuando o odor.
- 9 Os íons H_3O^+ (aq) neutralizam os íons OH^- (aq), diminuindo sua concentração e deslocando o equilíbrio no sentido dos produtos, dissolvendo a hidroxiapatita na forma de íons aquosos.

4. Autoionização da água

Neste item, a ideia é apresentar aos estudantes a reação de autoionização que acontece espontaneamente com a água em fase líquida (esteja ela pura ou não), na qual a transferência de um íon H^+ entre duas moléculas da substância produz íons. A molécula que cede H^+ transforma-se em ânion hidróxido, OH^- , e a molécula que o recebe transforma-se em cátion oxônio, H_3O^+ :



Lembre aos estudantes que (conforme o Item 5 do Capítulo 2) a concentração da água não figura na expressão da constante desse equilíbrio porque, além de ser o reagente, ela é também o solvente no qual o equilíbrio se estabelece.

Explique aos estudantes que a constante de equilíbrio, K_C , da autoionização da água recebe o nome de produto iônico da água e um símbolo específico, K_W . Saliente que o valor numérico dessa grandeza, como o de qualquer constante de equilíbrio,

depende da temperatura. Peça-lhes que analisem os valores que estão na Tabela 3 do Livro do Estudante, a fim de que percebam que o valor de K_W aumenta com o aquecimento. (Sobre isso, veja o *Dialogando com o texto*, comentado à frente.)

Além da variação de K_W com a temperatura, também é possível inferir da Tabela 3 que as concentrações dos íons produzidos na autoionização são muito pequenas. Saliente que o estudo das escalas de pH e pOH será feito na temperatura de 25 °C, na qual o valor numérico de K_W é $1,0 \cdot 10^{-14}$.

Desenvolva o restante do item conforme apresentado no Livro do Estudante, ressaltando que um meio aquoso é classificado como neutro, ácido ou básico em função da comparação das concentrações de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ e $[\text{OH}^-]$, conceituação válida para a água líquida em qualquer temperatura. Deixe claro que, quando as concentrações desses dois íons no meio são iguais, ele é neutro. O predomínio de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ caracteriza meio ácido e o de $[\text{OH}^-]$, meio básico.

A seguir, especifique que, **como decorrência do valor numérico de K_W a 25 °C:**

- **meio neutro** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L;
- **meio ácido** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $> [\text{OH}^-]$;
- **meio básico** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $< [\text{OH}^-]$.

Utilize os dados numéricos como os da legenda da Figura 3 do Livro do Estudante para ilustrar essa generalização.

Dialogando com o texto

Para o desenvolvimento dessa atividade, estimule uma discussão, de forma que todos os estudantes exponham o que compreenderam sobre o conteúdo abordado. Espera-se que, lembrando do que foi estudado no Capítulo 2, eles identifiquem que a autoionização da água é uma reação endotérmica no sentido direto ($\Delta_r H > 0$), pois, de acordo com os valores da Tabela 3, percebe-se que o valor numérico de K_W aumenta com a elevação da temperatura.

5. Escala de pH e escala de pOH

Muitos meios aquosos envolvidos em atividades científicas e tecnológicas apresentam concentrações H_3O^+ que, expressas em notação científica, envolvem potências de dez negativas. Nesse contexto, foi desenvolvida uma escala logarítmica que evita o uso frequente de tais potências. Ela é denominada escala de pH (sigla para potencial hidrogeniônico), muito útil para indicar a acidez de uma amostra aquosa. Para os íons OH^- , existe a escala logarítmica de pOH (sigla de potencial hidroxilônico).

Auxilie os estudantes a interpretar e aplicar as expressões matemáticas para essas escalas e mostre como elas permitem relacionar as concentrações dos íons H_3O^+ e OH^- a determinado valor de pH ou de pOH , conforme exemplificado na Figura 4. Com sua intervenção pedagógica, ajude-os a concluir que uma maneira alternativa de pensar nas definições de pH e pOH é:

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-a} \text{ mol/L} &\Leftrightarrow pH = a \\ [\text{OH}^-] = 10^{-b} \text{ mol/L} &\Leftrightarrow pOH = b \end{aligned}$$

Caso os estudantes apresentem dificuldade ao aplicar essas expressões e realizar cálculos logarítmicos, aborde o conteúdo junto com o docente de Matemática. Caso deseje sugestões sobre como fazer essa abordagem, sugerimos os

artigo: FERREIRA, R. L.; BISOGNIN, E. O estudo de logaritmo por meio de uma sequência de ensino: a engenharia didática como apoio metodológico. *Experiências em Ensino de Ciências*, Instituto de Física da Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, v. 2, n. 1, mar. 2007. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID34/pdf/2007_2_1_34.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2020.

Em seu planejamento, reserve um tempo para que os estudantes possam acessar o simulador: *PHE Interactive Simulations*. Escala de pH. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/ph-scale>. Acesso em: 19 ago. 2020. Por meio dessa simulação, eles poderão observar variações de pH de materiais comuns no seu dia a dia e o que acontece com o valor de pH de uma solução quando ela é diluída.

Dialogando com o texto

Para desenvolver as atividades desse boxe, os estudantes devem comparar duas soluções aquosas mencionadas.

1. A solução com $pH = 5$ é mais ácida.

$$pH = 5 \Rightarrow [H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$pH = 9 \Rightarrow [H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$\frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-9}} = 10.000 \text{ vezes mais ácida.}$$

2. A solução com $pH = 9$ é mais alcalina.

$$pH = 5 \Rightarrow pOH = 9 \Rightarrow [OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$pH = 9 \Rightarrow pOH = 5 \Rightarrow [OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-9}} = 10.000 \text{ vezes mais alcalina.}$$

De olho na BNCC

- EM13CNT101
- EM13MAT305

O *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento de habilidades da BNCC: **EM13CNT101**, pois permite analisar e representar as transformações e as conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos; e **EM13MAT305**, no que se refere a resolver e elaborar problemas com funções logarítmicas nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação de grandezas envolvidas, em contextos como o da utilização da escala de pH.

Aplicando conhecimentos

10) $[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}; [OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-10} \text{ mol/L}$

- 11) a) A amostra mais ácida é B, pois, quanto menor for o valor de pH, maior é a acidez.

- b) A cada unidade de diminuição no pH, a concentração de íons H_3O^+ aumenta 10 vezes. Portanto, a concentração de íons H_3O^+ na amostra A ($pH = 3,6$) é 100 (isto é, 10^2) vezes maior em comparação com chuva em ambiente não poluído ($pH = 5,6$).

- 12) a) III < I < II.

- b) II < I < III.

- c) II < I < III.

- d) III < I < II.

13) a) $\frac{[H_3O^+]_{\text{suco de limão}}}{[H_3O^+]_{\text{suco de goiaba}}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2,3}}{1,0 \cdot 10^{-4,3}} = 10^2$

- b) $pOH_{\text{suco de limão}} = 14 - pH_{\text{suco de limão}} = 11,7$
 $pOH_{\text{suco de goiaba}} = 14 - pH_{\text{suco de goiaba}} = 9,7$
 $\frac{[OH^-]_{\text{suco de goiaba}}}{[OH^-]_{\text{suco de limão}}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-9,7}}{1,0 \cdot 10^{-11,7}} = 10^2$

- 14) A cada unidade que o pH aumenta, a $[H_3O^+]$ diminui 10 vezes. Portanto, o esfluente passou a ter concentração de íons H_3O^+ 1.000 (isto é, 10^3) vezes menor.

- 15) A equipe 4, pois adicionou-se solução aquosa do mesmo ácido, na mesma concentração e com a mesma temperatura. Portanto, a concentração de íons H_3O^+ e o valor de pH não variam ao longo do tempo.

- 16) a) $[H_3O^+] = 10^{0,70} \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = 10^{-2,3} \text{ mol/L}$
 $pH = 2,3$
b) $[H_3O^+] = 10^{0,80} \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} = 10^{-4,2} \text{ mol/L}$
 $pH = 4,2$
c) $[OH^-] = 10^{0,50} \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} = 10^{-3,5} \text{ mol/L}$
 $pOH = 3,5 \Rightarrow pH = 10,5$
d) $[OH^-] = 2 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L} = 10^{0,30} \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$
 $[OH^-] = 10^{-0,7} \text{ mol/L} \Rightarrow pOH = 0,7 \Rightarrow pH = 13,3$

6. Solubilidade de gases em água

Para abordar o efeito da pressão sobre a solubilidade de gases em água, sugerimos que explique aos estudantes o equilíbrio de solubilização do gás oxigênio, explorando a Figura 5, e formule sua constante de equilíbrio. Em seguida, mostre a semelhança entre a expressão da Lei de Henry para um gás X dissolvido em água e a constante de equilíbrio da sua solubilização. Ressalte que essa expressão está de acordo com a constatação experimental de que, a temperatura constante, a solubilidade de um gás em um líquido é diretamente proporcional à pressão exercida pelo gás sobre o líquido.

A partir disso, peça aos estudantes que observem a Figura 6 e interpretem o que se observa ao abrir uma garrafa de água gaseificada, usando para isso a lei de Henry, o conceito de deslocamento de equilíbrio e as equações químicas dos equilíbrios 1 e 2, apresentadas do Livro do Estudante.

Em seguida, para explorar o efeito da temperatura na solubilidade do dióxido de carbono em água, realize uma atividade demonstrativa em sala de aula. Coloque em cima da mesa duas garrafas de água gaseificada (de mesma marca e tamanho) em temperaturas diferentes: uma mantida previamente em geladeira por algumas horas e a outra à temperatura ambiente. Certifique-se de que nenhuma das garrafas seja agitada, o que poderia comprometer o resultado esperado. Peça que alguns estudantes coloquem as mãos nas garrafas e relatem aos colegas a diferença percebida. Solicite à classe que crie hipóteses sobre como o conteúdo de cada uma se comportará quando as tampas forem abertas.

Realize a abertura simultânea e estimule uma discussão sobre o fenômeno observado. Peça que os estudantes proponham qual é a relação qualitativa entre K_H de solubilização do CO_2 em água e temperatura. Espera-se que

concluem que a liberação mais intensa de CO₂(g) no caso da garrafa mais quente está correlacionada a um menor valor de K_H nessa condição, que implica menor solubilidade do gás em água.

A abordagem do restante do item, no Livro do Estudante, exemplifica situações em que o conhecimento sobre a solubilidade de gases em meio aquoso possibilita compreender o transporte de gás carbônico (CO₂) no plasma sanguíneo, a formação de stalactites e stalagmites e o efeito da poluição térmica sobre a concentração de gás oxigênio dissolvido na água. Dádiva a classe em grupos, distribuindo esses exemplos entre eles e solicitando que cada equipe estude o seu exemplo e o exponha à classe, comentando os deslocamentos de equilíbrio envolvidos. Atente às explicações dadas e realize as intervenções eventualmente necessárias para certificar-se de que todos compreenderam esses exemplos, especialmente o da poluição térmica (Figura 8 do Livro do Estudante).

De olho na BNCC

- **EM13CNT104**

A abordagem da poluição térmica, no final deste item, possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**, pois leva os estudantes a avaliar riscos ao ambiente aquático, considerando despejos de água aquecida por indústrias e usinas térmicas.

Em destaque

O *Em destaque* apresenta informações sobre as causas e consequências do branqueamento dos corais, retomando a abertura do capítulo de forma mais ampla e abrangendo temas explorados ao longo do capítulo. Ao final do texto, são levantados dois questionamentos, cujas respostas serão utilizadas como base para a elaboração de um vídeo explicativo sobre as condições adequadas à existência de recifes de coral e como a ação antrópica tem afetado esses organismos.

Para a criação do material de divulgação, ajude os estudantes a buscar fontes confiáveis e a elaborar um roteiro para o vídeo, de forma a organizar e expor as informações de forma clara, objetiva e com vocabulário acessível. Estimule-os a pesquisar recursos (animações, simuladores, vídeos, infográficos) que ajudem na transmissão das ideias.

Espera-se que, nas produções, os estudantes expliquem os efeitos da temperatura e da concentração atmosférica sobre a solubilidade de CO₂ na água do mar. (1) Nos mares frios, a baixa temperatura favorece a dissolução do CO₂(g) na água, o que aumenta a [CO₂(aq)] e desloca o segundo equilíbrio mencionado no sentido dos produtos, consumindo o CaCO₃(s). (2) O aumento da concentração de CO₂(g) na atmosfera desloca o primeiro equilíbrio no sentido de dissolver mais desse composto na água do mar e, devido ao aumento de [CO₂(aq)], o segundo equilíbrio também é deslocado no sentido dos produtos, dissolvendo CaCO₃(s). Assim, tanto em (1) quanto em (2), o desenvolvimento dos recifes de coral é prejudicado.

De olho na BNCC

- **EM13CNT105**
- **EM13CNT202**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT306**
- **Competência geral 7**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT105**, pois permite 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; **EM13CNT202**, uma vez que envolve analisar condições ambientais favoráveis à vida dos recifes de coral e 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**, no que concerne a avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos, com base nos mecanismos de manutenção da vida e nos ciclos da matéria, 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); **EM13CNT206**, pois permite discutir a importância da preservação e da 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; **EM13CNT302**, ao promover a comunicação, 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; e **EM13CNT306**, por estimular os estudantes a avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas (que causam emissões de CO₂), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza para justificar comportamentos visando à integridade ambiental. Também possibilita desenvolver a **Competência geral 7**, pois envolve argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam a consciência socioambiental em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado do planeta.

Aplicando conhecimentos

- 17 a)** Lei de Henry, que enuncia que a solubilidade de um gás em um líquido, a certa temperatura, é diretamente proporcional à pressão do gás.
- b)** O gráfico da proporcionalidade direta entre a solubilidade do gás em água (eixo y) e a pressão do gás (eixo x), proporcionalidade expressa pela lei de Henry, é uma reta que passa pela origem.
- 18 a)** Como a solubilidade diminui com o aumento da temperatura, na água quente há menor concentração de oxigênio dissolvido.
- b)** Porque o ar contém cerca de 78% em volume de gás nitrogênio e 21% em volume de gás oxigênio. Portanto, a pressão parcial do N₂(g) no ar é bem maior do que a pressão parcial do O₂(g).

Metas do capítulo

- Calcular os valores de pH de soluções, a 25 °C, a partir de valores de concentrações em quantidade de matéria e de constantes de ionização.
- Compreender o funcionamento de indicadores ácido-base, relacionando-o ao conceito de deslocamento de equilíbrio químico.
- Entender por que um indicador ácido-base apresenta uma faixa de viragem.
- Interpretar diagramas de distribuição de espécies químicas em função do pH e utilizá-los para fazer previsões de qual das espécies químicas nele representadas predomina em determinado valor de pH .
- Ser capaz de estimar o valor de pK_a de um ácido a partir do diagrama de distribuição das formas não ionizada e ionizada em função do pH .
- Compreender o conceito de solução-tampão e saber que a parte aquosa do sangue é uma solução tamponada.

Sugestões didáticas e comentários

Considerando os conteúdos que serão abordados neste capítulo, sugerimos que ele seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

Na abertura do capítulo, é discutida a adequação do valor de pH de efluentes líquidos antes de serem descartados em corpos d'água. Retome a discussão feita no Capítulo 6 sobre a poluição térmica e a necessidade de se controlar a temperatura dos efluentes a serem descartados nos rios, lagos e oceanos. Explique aos estudantes que outros fatores importantes a serem considerados são a acidez ou a basicidade desses materiais, já que eles podem causar impacto nos ambientes aquáticos.

Destaque que, ao verificar que o efluente possui valor de pH fora da faixa adequada para o descarte, devem ser adicionados reagentes para neutralizá-lo e que, durante a neutralização, o monitoramento do pH é fundamental.

Aproveite a abertura para questionar o que os estudantes sabem sobre indicadores ácido-base. Se necessário, faça uma breve introdução a esse conceito, deixando claro que são materiais que apresentam a propriedade de mudar de cor em função da acidez ou basicidade do meio aquoso em que estão dissolvidos. Ao longo do capítulo, os estudantes poderão identificar, por meio de exemplos, que o uso de dois ou mais indicadores ácido-base possibilita delimitar razoavelmente a faixa de pH de uma solução aquosa.

1. Cálculo do pH de alguns meios aquosos

Comente com os estudantes que os conceitos de escala de pH e de constante de ionização de ácidos e de bases,

estudados no Capítulo 6, serão importantes para analisar várias situações propostas neste capítulo, como o funcionamento de indicadores ácido-base, a acidez da chuva e as soluções-tampão. Se considerar necessário, retome esses conceitos por meio de exemplos abordados no Capítulo 6.

Verifique se os estudantes compreendem que os ácidos fortes podem apresentar graus de ionização próximos de 100% (na prática, frequentemente aproximados para 100% em cálculos de pH), enquanto os ácidos fracos apresentam graus de ionização (a 25 °C e solução 0,1 mol/L) geralmente inferiores a 5%. Caso eles não consigam estabelecer essa relação, retome os respectivos conteúdos do Capítulo 6, deixando claro que o grau de ionização (α) do ácido é igual à fração dele que se ioniza até que seja obtido o equilíbrio. Essa grandeza pode ser calculada pela divisão da quantidade de ácido ionizada (em mol) pela quantidade dissolvida (em mol).

Para mostrar como obter a concentração de íons H_3O^+ e o pH de diferentes soluções aquosas de solutos ácidos, utilize os três exemplos do Livro do Estudante, que consideram soluções aquosas de ácido clorídrico, ácido sulfúrico e ácido acético.

Dialogando com o texto

O *Dialogando com o texto* aborda o cálculo de valores de pH para soluções alcalinas, de maneira similar àqueles que foram feitos com os ácidos no Item 1.

- NaOH, 0,10 mol/L

Por ser uma base forte, o hidróxido de sódio, NaOH, dissocia-se totalmente. Portanto, $[OH^-] = 0,10 \text{ mol/L}$. Então:

$$[OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$$

$$pOH = 1 \Rightarrow pH = 13$$

- Ca(OH)₂, 0,10 mol/L

Por ser uma base relativamente forte, o hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂, dissocia-se completamente nessa concentração. Como se trata de uma dibase, $[OH^-] = 0,20 \text{ mol/L}$. Assim: $[OH^-] = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$

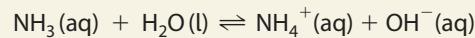
Como o logaritmo decimal de 2 vale 0,30:

$$[OH^-] = 10^{0,30} \cdot 10^{-1} \text{ mol/L} = 10^{-0,70} \text{ mol/L}$$

$$pOH = 0,70 \Rightarrow pH = 13,3$$

- NH₃, 0,10 mol/L, $K_b = 2 \cdot 10^{-5}$

A equação da ionização da amônia em meio aquoso é:



Trata-se de uma monobase fraca. Então:

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot M} = \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 10^{-1}}$$

Como $\log 2 = 0,30$, temos que $2 = 10^{0,30}$, e, assim:

$$[OH^-] = (2 \cdot 10^{-6})^{1/2} \text{ mol/L} = (10^{0,30})^{1/2} \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[OH^-] = 10^{0,15} \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = 10^{-2,85} \text{ mol/L}$$

$$pOH = 2,85 \Rightarrow pH = 11,15$$

Portanto, a ordem crescente de basicidade (alcalinidade) das soluções é: $\text{NH}_3\text{(aq)} < \text{NaOH(aq)} < \text{Ca(OH)}_2\text{(aq)}$.

De olho na BNCC

• EM13CNT101

O Item 1 e a atividade *Dialogando com o texto* possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** da BNCC, pois permitem que os alunos analisem e representem as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos.

2. Indicadores ácido-base

Apresente aos estudantes o conceito de faixa de viragem de um indicador ácido-base e ajude-os a interpretar a Figura 2. O azul de bromofenol (o primeiro mostrado na figura), por exemplo, é amarelo em pH que esteja abaixo da faixa de viragem e azul em pH que esteja acima dela. Aumentando-se o pH dentro da faixa de viragem, de modo a percorrê-la, ocorre gradual mudança na cor, saindo de amarelo, passando por diversas tonalidades de verde e chegando ao azul.

Usando o exemplo genérico do Livro do Estudante (indicador representado por HA), explique que a mudança de cor se deve a um deslocamento de equilíbrio. A seguir, explique, como também mostrado no Livro do Estudante, que a cor da solução, nos valores de pH 4, 5 e 6, é uma decorrência da proporção relativa das espécies HA e A^- . Realize uma explicação detalhada, mostrando todos os cálculos na lousa, pois esse não é um raciocínio trivial para os estudantes.

A partir desses cálculos, analise com eles a Tabela 1 do Livro do Estudante e ajude-os a perceber que, com os valores dessa tabela, pode ser construído um diagrama como o da Figura 4, que expressa a abundância porcentual das formas não ionizada (HA) e ionizada (A^-) em função do pH do meio aquoso. É importante ressaltar que, no ponto de cruzamento das curvas, a porcentagem relativa das espécies em solução é igual, e, então, $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$. Consequentemente, nesse ponto, $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a$ e, portanto, $pH = pK_a$. Essa conclusão também não é imediata para a maioria dos estudantes, por isso certifique-se de que compreenderam. Explore os cálculos, a Tabela 1 e a Figura 4, pois, assim, oportunizará o aprendizado para estudantes que compreendem por diferentes caminhos.

O raciocínio envolvido em um gráfico de distribuição de espécies será importante não apenas no desenvolvimento do restante deste capítulo, mas também para alguns conceitos abordados no Capítulo 10.

Caso considere oportuno, sugerimos realizar a atividade proposta no artigo: GEPEQ. Estudando o equilíbrio ácido-base. *Química Nova na Escola*. n. 4, p. 32-33, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc01/exper1.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020. Esse tipo de abordagem experimental é importante, pois contribui para a construção de

conceitos científicos por parte dos estudantes, despertando seu interesse e desenvolvendo sua capacidade de investigação e análise.

Em destaque

Faça um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da chuva ácida. É comum que demonstrem curiosidade sobre o nível de acidez que a água da chuva pode apresentar e quais os impactos ambientais decorrentes. Explique que alguns desses impactos não são imediatos, mas observáveis com o passar do tempo.

Destaque que, em razão da presença do gás carbônico, $\text{CO}_2\text{(g)}$, na atmosfera, a chuva apresenta caráter levemente ácido ($pH = 5,6$), mesmo em ambientes não poluídos. Em seguida, descreva como as reações entre óxidos de enxofre, SO_2 e SO_3 , e água na atmosfera formam o ácido sulfuroso, $\text{H}_2\text{SO}_3\text{(aq)}$, e o ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)}$. As atividades sugeridas podem ser desenvolvidas em grupos e espera-se que os estudantes cheguem às seguintes conclusões.

1. Como cada mol de H_2SO_4 se ioniza produzindo 2 mol de íons H_3O^+ , tem-se que:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \cdot 0,00050 \text{ mol/L} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Portanto, $pH = 3,0$.

2. As cores esperadas estão na tabela:

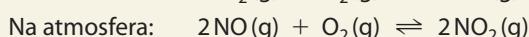
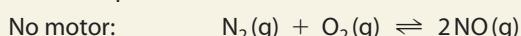
pH	Eritrosina	Verde de bromocresol	Vermelho de metila	Timolftaleína
a) 5,6	vermelho	azul	laranja	incolor
b) 6,5 a 7,0	vermelho	azul	amarelo	incolor
c) 8,0	vermelho	azul	amarelo	incolor

3. Se a eritrosina fica vermelha, o valor do pH está acima de 3,6, e, se o indicador verde de bromocresol fica amarelo, o valor de 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.)

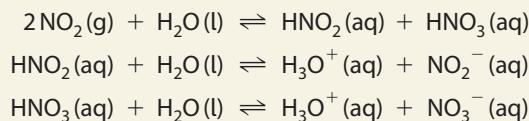
4. Considerando a equação apresentada, o aumento da acidez do solo em razão da chuva ácida desloca o equilíbrio químico no sentido dos produtos, consumindo íons H_3O^+ .

5. Porque o aumento da acidez (ou seja, da concentração de íons H_3O^+) desloca o equilíbrio químico apresentado no sentido de formação de produtos, liberando íons alumínio aquosos, $\text{Al}^{3+}\text{(aq)}$.

6. Resposta pessoal. Oriente a pesquisa dos estudantes para que eles busquem informações em fontes confiáveis, elaborem roteiro com introdução, desenvolvimento e conclusão e, na medida do possível, busquem recursos digitais (animações, infografias, simuladores) que auxiliem na transmissão das ideias. Como parte do processo, ajude-os a compreender as reações que envolvem óxidos de nitrogênio e são responsáveis pela presença dos ácidos nitroso e nítrico na água da chuva em locais poluídos:



Quando chove:



De olho na BNCC

- EM13CNT105
- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT205
- EM13CNT302
- EM13CHS304
- Competência geral 2

As atividades do *Em destaque* possibilitam o desenvolvimento de habilidades da BNCC: **EM13CNT105**, pois envolvem interpretar os efeitos da interferência humana sobre ciclos naturais para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida; **EM13CNT202**, ao permitirem a análise das condições ambientais favoráveis à manifestação da vida (aquática) e fatores limitantes a elas (por exemplo a acidificação da água e a liberação de íons de metais como o alumínio), com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais; **EM13CNT203**, já que requerem avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base em transformações químicas, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais; **EM13CNT205**, porque envolvem interpretar resultados e realizar previsões sobre fenômenos naturais, reconhecendo os limites explicativos das ciências; **EM13CNT302**, porque solicitam comunicar, para públicos variados, resultados de análises e pesquisas, 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; e **EM13CHS304**, posto que envolvem a análise de 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. Também possibilitam o desenvolvimento da **Competência geral 2**, porque exigem exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a reflexão e a análise crítica, para investigar causas, elaborar hipóteses, resolver problemas e criar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

3. Diagramas de distribuição de espécies

Neste item são trabalhados os diagramas de distribuição porcentual das espécies relativas a quatro situações práticas. Ao abordar a desinfecção da água no tratamento municipal, deixe claro que os processos de desinfecção visam destruir ou tornar inativos microrganismos eventualmente presentes após as etapas anteriores do tratamento. Sugerimos apre-

sentar o equilíbrio de ionização do HOCl, seu valor de pK_a e a informação de que o HOCl(aq) tem poder bactericida muito superior ao do OCl⁻(aq). A seguir, faça a eles o questionamento que está no texto do Livro do Estudante: *Considerando que o pH da água distribuída à população possa estar no intervalo de 6 a 9, qual valor é mais adequado para garantir a desinfecção da água?*

Por meio do diagrama de distribuição porcentual de ácido hipocloroso e ânion hipoclorito (Figura 6 do Livro do Estudante), explique que a desinfecção da água é mais eficiente para o valor de $pH = 6$, pois, dentro da faixa considerada, é aquele em que a porcentagem de HOCl é máxima, e é esse o agente desinfetante.

Quando for falar sobre o **branqueamento da polpa de madeira na fabricação de papel**, comente que esse processo tem como objetivo eliminar partículas escuras do produto, aumentando seu valor comercial. Destaque que uma das formas de realizar o branqueamento da polpa é utilizando um meio aquoso no qual existam íons hipoclorito. O equilíbrio envolvido é o mesmo anteriormente apresentado, mas o agente branqueador é o OCl⁻(aq) e não o HOCl(aq).

Apresente, então, a pergunta do Livro do Estudante: *Sabe-se que, ao contrário do OCl⁻, o HOCl não é eficiente como agente branqueador. Nessa fase, o pH é ajustado (pela adição de NaOH) para valores acima de 9. Por quê?* Em seguida, reserve um tempo para que os estudantes respondam a essa pergunta com base na análise da Figura 6 e nos seus conhecimentos sobre equilíbrio químico. Caso tenha tempo disponível e considere conveniente, amplie a abordagem por meio de uma atividade de pesquisa em que os estudantes deverão identificar outro método para realizar o branqueamento, como ele é desenvolvido e quais suas vantagens e desvantagens se comparado ao uso de uma solução aquosa contendo íons OCl⁻(aq). Um método alternativo possível utiliza gás ozônio, que tem a desvantagem de ser mais caro, mas é vantajoso do ponto de vista ambiental, pois evita o desprendimento de gás cloro na atmosfera, que tem implicações relacionadas à destruição da camada de ozônio.

Ao apresentar os conteúdos relacionados à **efervescência de carbonatos e bicarbonatos em meios ácidos**, é interessante destacar as equações que representam as reações que ocorrem quando dióxido de carbono gasoso é dissolvido em água. Explore o diagrama de distribuição porcentual das espécies químicas aquosas (Figura 8 do Livro do Estudante), mostrando que há três curvas, referentes ao dióxido de carbono, CO₂, ao ânion hidrogencarbonato, HCO₃⁻, e ao ânion carbonato, CO₃²⁻. Mostre que cada valor de pK_a define um ponto de cruzamento entre duas curvas. Peça aos estudantes que observem o diagrama e expliquem por que a adição de ácido a uma solução aquosa contendo íons carbonato produz efervescência. Comente com eles

que os comprimidos efervescentes antiácido possuem sais como NaHCO_3 e Na_2CO_3 e também um ácido fraco em sua composição, geralmente ácido cítrico. A ionização do ácido em solução aquosa produz íons oxônio, que deslocam os equilíbrios no sentido de produzir a efervescência, o que é compatível com o que é mostrado no diagrama de distribuição das espécies.

Para abordar a razão entre $[\text{HCO}_3^-]$ e $[\text{CO}_2]$ em amostra de plasma sanguíneo, você pode dividir a turma em grupos e reservar um tempo para que os estudantes analisem a situação-problema proposta no Livro do Estudante. A seguir, verifique o progresso que fizeram e, se necessário, auxilie-os a interpretar o diagrama da Figura 8 do Livro do Estudante e também o cálculo nele apresentado para obter o valor da razão entre $[\text{HCO}_3^-]$ e $[\text{CO}_2]$. Esse tipo de atividade estimula os estudantes a relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representações próprias das Ciências da Natureza e a adquirir autonomia na interpretação de textos dessa área.

Dialogando com o texto

Oriente os estudantes na retomada das atividades 6 e 7 do *Aplicando conhecimentos* do Capítulo 6. A atividade 6 aborda o aumento da concentração de gás carbônico, CO_2 , pela adição de ácido a uma solução aquosa contendo íons bicarbonato. Verifique se os estudantes percebem que, por meio da Figura 8 deste capítulo do Livro do Estudante, é possível concluir que a diminuição do valor de pH , resultante da adição de ácido ao meio, desloca o equilíbrio no sentido de produzir o gás CO_2 .

Conclusão análoga vale para a atividade 7 do Capítulo 6. A diminuição do pH de uma solução contendo íons carbonato favorece a transformação destes em íons bicarbonato, que, por sua vez, também devido à redução do pH , transformam-se em dióxido de carbono, causando efervescência.

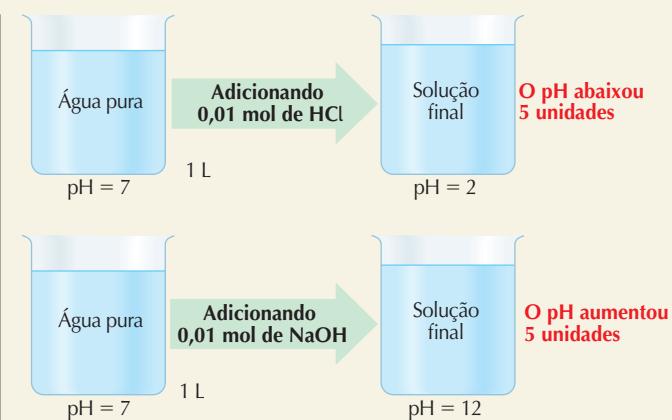
De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13MAT101**

O Item 3 e o *Dialogando com o texto* possibilitam o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT101**, pois permitem analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos; e **EM13MAT101**, pois requerem interpretar criticamente fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas.

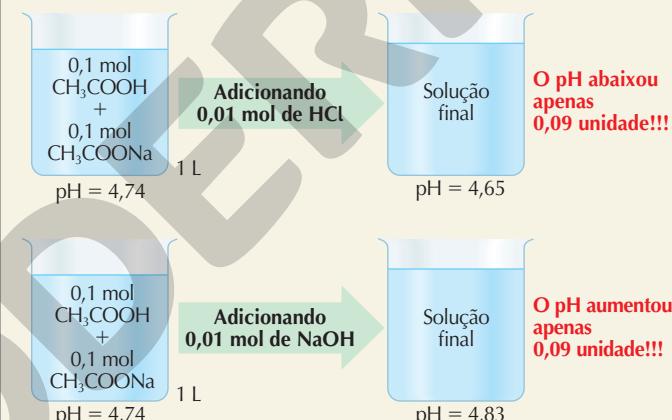
4. Solução-tampão

Para apresentar o conceito de solução-tampão, uma sugestão é mostrar inicialmente alguns fatos experimentais. A adição de 0,01 mol de HCl ou de NaOH a um litro de água pura, a 25 °C, causa acentuada variação de pH , conforme o esquema:



(Representações esquemáticas; cores meramente ilustrativas.)

Diferentemente disso, a introdução da mesma quantidade de HCl ou de NaOH a um litro de uma solução aquosa que contém simultaneamente 0,1 mol/L em ácido acético (CH_3COOH) e 0,1 mol/L em acetato de sódio (CH_3COONa ou NaCH_3COO) acarreta variação muito pequena de pH , conforme o seguinte outro esquema:



(Representações esquemáticas; cores meramente ilustrativas.)

A ideia central aqui é mostrar aos estudantes que uma solução é considerada **tampónada**, ou **solução-tampão**, quando seu pH não se modifica apreciavelmente caso a ela se adicione pequena quantidade de ácido ou de base.

A seguir, você pode explicar a razão disso conforme o desenvolvimento que está no texto e na Figura 10 do Livro do Estudante, concluindo que uma solução-tampão deve conter em sua composição, após preparada, solutos que sejam uma espécie química que atue como **ácido fraco** e o **ânion correspondente** a esse ácido fraco, ou uma espécie química que atue como **base fraca** e o **cátion correspondente** a essa base fraca.

Ao docente, é interessante mencionarmos aqui que esses solutos existentes na solução-tampão não precisam ser necessariamente os que foram adicionados à água, mas precisam, isto sim, estar presentes após o preparo. Por exemplo, se 0,2 mol de ácido acético e 0,1 mol de hidróxido de sódio forem dissolvidos em água suficiente para 1,0 L de solução, a base forte (NaOH) neutralizará uma quantidade estequiome-

tricamente equivalente de ácido acético, produzindo 0,1 mol de acetato de sódio e restando 0,1 mol de ácido sem ser neutralizado. Assim, na solução preparada, haverá 0,1 mol/L de CH₃COOH e 0,1 mol/L de NaCH₃COO. Nesse caso, o acetato de sódio foi preparado *in situ* (no próprio local, na solução) pela reação entre ácido acético e hidróxido de sódio.

Na abordagem aos estudantes, retome a relação

$$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_a}{[H_3O^+]}$$

para explicar que o valor de pH de uma solução-tampão (vinculado a [H₃O⁺]) depende da constante de ionização ácida (K_a) bem como da relação entre as concentrações do ânion derivado do ácido fraco, [A⁻], e de sua forma não ionizada, [HA]. É possível utilizar um raciocínio análogo para a dissociação de uma base, utilizando o valor de K_b para determinar a concentração de íons hidróxido, [OH⁻].

Ao abordar o tema, é fundamental comentar que o efeito tampão mantém estável o valor de pH do plasma sanguíneo (a parte aquosa do sangue). Existem diversos pares de espécies que atuam nesse tamponamento, sendo relevante mencionar CO₂/HCO₃⁻ e H₂PO₄⁻/HPO₄²⁻. Com efeito, o sangue apresenta normalmente uma faixa bastante restrita de valores de pH, entre 7,35 e 7,55, e o tamponamento ajuda a evitar acidose (pH abaixo dessa faixa) ou alcalose (pH acima dessa faixa).

Caso tenha tempo disponível, proponha uma atividade de pesquisa na qual os estudantes deverão identificar alguma solução-tampão de ocorrência natural ou industrial e escrever um texto sucinto sobre ela. Por meio desta atividade buscarse apresentar aplicações desse tipo de sistema e estimular o desenvolvimento da capacidade de síntese de informações. Diferentes ocorrências das soluções-tampões podem ser encontradas no artigo: FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O conceito de solução-tampão. *Química Nova na Escola*. n. 13, p. 18-21, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc13/v13a04.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

Aplicando conhecimentos

1 Como o ácido clorídrico, HCl, é um monoácido forte: [H₃O⁺] = 0,1 mol/L = 10⁻¹ mol/L ⇒ pH = 1
[H₃O⁺] = 0,01 mol/L = 10⁻² mol/L ⇒ pH = 2

A solução mais ácida é a de HCl 0,1 mol/L, pois apresenta maior [H₃O⁺] e, portanto, menor pH.

2 Como o hidróxido de sódio, NaOH, é monobase forte: [OH⁻] = 0,1 mol/L = 10⁻¹ mol/L

pOH = 1 ⇒ pH = 13

[OH⁻] = 0,01 mol/L = 10⁻² mol/L

pOH = 2 ⇒ pH = 12

A solução mais alcalina é a de NaOH 0,1 mol/L, pois apresenta maior [OH⁻] e, portanto, maior pH.

3 a) Como o ácido pentanoico é um monoácido:

$$[H_3O^+] = \alpha \cdot \eta = \frac{2}{100} \cdot 0,05 \text{ mol/L} = 0,001 \text{ mol/L}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-3} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 3$$

b) Como $\alpha \leq 5\%$, podemos usar:

$$K_a = \alpha^2 \cdot \eta = (0,02)^2 \cdot 0,05 = (2 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}$$

$$K_a = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 10^{-5}$$

4 Como é um monoácido fraco: [H₃O⁺] = $\sqrt{K_a \cdot \eta}$

$$[H_3O^+] = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-7} \cdot 1,0 \cdot 10^{-1}} = (1,0 \cdot 10^{-8})^{1/2}$$

$$[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 4$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-7} \cdot 1,0 \cdot 10^{-2}} = (1,0 \cdot 10^{-9})^{1/2}$$

$$[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-4,5} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 4,5$$

5 a) De acordo com a lei da diluição de Ostwald, o grau de ionização é maior na solução mais diluída, que é a de concentração 0,010 mol/L.

b) Por se tratar de um monoácido fraco, podemos considerar que $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{\eta}}$. Então, para a solução de concentração 0,10 mol/L, temos:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-7}}{1,0 \cdot 10^{-1}}} = 1,0 \cdot 10^{-3} = 0,10\%.$$

E, para a solução de concentração 0,010 mol/L:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-7}}{1,0 \cdot 10^{-2}}} \approx 3,2 \cdot 10^{-3} = 0,32\%.$$

6 a) Sim, pois a solução com pH = 2 ficará vermelha e a solução com pH = 10 ficará verde.

b) Não, porque as duas soluções ficarão roxas.

c) Não, porque as duas soluções ficarão amarelas.

7 a) Sim, pois o indicador ficará incolor na de pH = 3 e rosa na de pH = 11.

b) Não, pois as duas têm pH menor que o da faixa de viragem e nelas o indicador ficará incolor.

c) Não, pois as duas têm pH maior que o da faixa de viragem e nelas o indicador ficará rosa.

8 a) Monoácido forte: [H₃O⁺] = 1,0 · 10⁻² mol/L.

A solução tem pH = 2 e o indicador ficará amarelo.

b) Monobase forte: [OH⁻] = 1,0 · 10⁻² mol/L

A solução apresenta pOH = 2 e, portanto, pH = 12. Assim, o indicador ficará azul.

c) Monoácido fraco: [H₃O⁺] = $\alpha \cdot \eta = \frac{2}{100} \cdot 0,05 \text{ mol/L}$

$$[H_3O^+] = 0,001 \text{ mol/L} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

A solução tem pH = 3 e o indicador ficará amarelo.

d) A solução tem pH = 5 e o indicador ficará amarelo.

e) A solução tem pH = 9 e o indicador ficará azul.

9 a) A Figura 6 do Livro do Estudante mostra que, em pH acima de 7,4, ocorre predomínio de OCl⁻ em relação a HOCl. Como o pH da piscina mencionada (7,5) está ligeiramente acima de 7,4, haverá ligeiro predomínio de hipoclorito, OCl⁻.

b) A Figura 8 do Livro do Estudante mostra que, em pH entre 6,4 e 10,4, ocorre predomínio de HCO₃⁻ em relação às outras duas espécies (CO₂ e CO₃²⁻). Como o pH da piscina mencionada está nessa faixa, haverá predomínio de bicarbonato, HCO₃⁻.

10 a) HOCl(aq) + H₂O(l) ⇌ H₃O⁺(aq) + OCl⁻(aq)

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [OCl^-]}{[HOCl]}$$

b) No cruzamento das curvas do gráfico apresentado, [HOCl] = [OCl⁻]. Pela expressão de K_a, decorre que [H₃O⁺] = K_a, e, portanto, pH = pK_a. Assim, o cruzamento das curvas ocorre em um valor de pH igual ao valor de pK_a. Então, pK_a = 3,5.

Metas do capítulo

- Conhecer as grandezas físicas que caracterizam uma onda.
- Classificar as ondas segundo sua origem e segundo as dimensões de propagação.
- Relacionar propagação de onda com transferência de energia.
- Apresentar o conceito de velocidade de propagação de uma onda e discutir os fatores que influem no seu valor.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo traz um estudo geral das ondas. O objetivo desse estudo é reconhecer as grandezas físicas características de uma onda e as relações entre essas grandezas, assim como sua natureza e os principais fenômenos nos quais elas estão envolvidas. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- **EM13MAT306**

O conteúdo do capítulo permite o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT306**, da área de Matemática e suas Tecnologias, na medida em que o estudante é incentivado a resolver e elaborar problemas em contextos que envolvem fenômenos periódicos reais (ondas sonoras).

1. Introdução

Como estratégia inicial, sugerimos a apresentação de alguns fenômenos ondulatórios. Com materiais bem simples, é possível mostrar ondas resultantes da propagação de perturbações periódicas na superfície da água em uma bacia ou em uma corda fina, em que efeitos como amortecimento e influência da tração podem ser controlados de modo intuitivo.

Depois da apresentação de alguns exemplos de fenômenos ondulatórios, sugerimos solicitar aos estudantes que indiquem as semelhanças entre eles e o que esses fenômenos têm em comum. Convém orientar as discussões para que os estudantes apresentem ideias relacionadas à propagação de perturbações em um meio.

De olho na BNCC

- **EM13CNT310**

Ao investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e telecomunicações, desenvolve-se a habilidade **EM13CNT310**.

2. Conceito de onda

Ao iniciar o estudo das ondas, é importante que os estudantes percebam que uma onda é uma perturbação que se propaga por um meio, transmitindo energia sem transporte de matéria.

Para tanto, podem ser apresentados exemplos de ondas familiares aos estudantes, como ondas na superfície da água, em cordas, ondas sonoras e, até mesmo, a luz.

Seria oportuno, então, mostrar a eles um simulador bastante simples, em português, disponível em: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>>. Acesso em: 24 jul. 2020. Esse simulador permite a visualização do comportamento de ondas em uma corda. Pode-se escolher o tipo de simulação: manual, com um oscilador e por meio de pulsos de onda. O simulador ainda permite alterar a tensão na corda e a perda de energia. Caso seja necessário, clique em “Mostrar ajuda” para obter informações sobre o uso da ferramenta.

Sugestão de atividade complementar

Ondas do mar

Apresente aos estudantes o vídeo que se encontra no endereço: <<https://www.youtube.com/watch?v=O8eQeKn-atw>> (acesso em: 14 ago. 2020). Nele é possível acompanhar a apresentação do vídeo “De onde vem a onda?”, que aborda a formação das ondas no mar. Trata-se de um vídeo infantil muito didático e divertido. Vale lembrar que um surfista usa a superfície da água como um plano inclinado para surfar, isto é, a onda não o transporta!

Dialogando com o texto

A pesquisa pode ser individual e breve, servindo como subsídio para a discussão em sala de aula, para que os estudantes debatam sobre a importância de checar informações antes de compartilhá-las.

De olho na BNCC

- **EM13CHS202**

O boxe *Dialogando com o texto* permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS202**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, na medida em que analisa e avalia os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas de grupos, povos e sociedades contemporâneos, e da habilidade **EM13LGG303**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao debater questões de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, mediante a análise de perspectivas distintas.

3. Ondas e energia

Esta seção apresenta a relação entre a propagação de uma onda e a **correspondente** transferência de energia.

As figuras 3 e 4 mostram como ocorre a transferência de energia em uma corda com a propagação de um pulso de onda. Elas podem ser muito úteis para apresentar aos estudantes o conceito de que as ondas transportam energia, mas não transportam matéria. Quando o estudante visualiza a aplicação do

conceito, este é internalizado e passa a compor um universo comum de linguagem, o que permite o desenvolvimento posterior de temas relacionados por meio de conceitos formais.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa D.

Durante sua propagação, ondas transportam energia, mas não transportam matéria. Assim, a impressão de que o surfista é levado pela onda é falsa. O surfista usa a superfície da água como uma rampa, movendo-se pela ação da gravidade.

2 Quando a criança fala em uma das latas, ondas sonoras, produzidas por vibrações das pregas vocais, propagam-se no ar e fazem o fundo dessa lata vibrar. As vibrações do fundo da lata são transmitidas ao barbante e se propagam até o fundo da outra lata. As vibrações no fundo dessa outra lata são transmitidas ao ar e se propagam até a orelha da criança na outra extremidade do barbante.

4. Classificação das ondas quanto à sua natureza

Apresente aos estudantes a classificação das ondas destacando as duas possíveis naturezas (mecânica ou eletromagnética). É importante que os estudantes saibam diferenciar as ondas com base nessa classificação, dando alguns exemplos: ondas sonoras, ondas que se propagam na superfície da água, ondas que se propagam nas cordas de um violão, luz.

Como esse é o primeiro contato formal dos estudantes com as ondas, convém enfatizar a necessidade de utilizar um detector adequado para identificar cada tipo de onda.

Uma onda sonora pode ser detectada por um microfone ou por nossos ouvidos; uma onda luminosa pode ser detectada por nossos olhos ou por uma câmera fotográfica; uma onda de rádio é detectada por uma antena, e assim por diante.

No caso das radiações infravermelhas, nossa pele atua como um detector natural capaz de percebê-las na forma de calor, mas nossos olhos não as percebem. O mesmo ocorre com as radiações ultravioleta, que causam o escurecimento da pele pela produção de melanina, porém não são percebidas pelos nossos olhos. Por esse motivo, não é correto falar "luz infravermelha" nem "luz ultravioleta".

Algumas câmeras de vídeo e algumas câmeras fotográficas digitais capazes de filmar ou fotografar no escuro detectam radiação infravermelho. As câmeras dos aparelhos celulares também são sensíveis ao infravermelho. Se possível, leve para a sala de aula uma câmera desse tipo para registrar o infravermelho emitido por um controle remoto durante seu uso: aponte o controle remoto diretamente para a câmera e, ao acioná-lo, bata a foto.

5. Classificação das ondas quanto aos modos de vibração

Sugerimos começar a apresentação desta seção com a seguinte abordagem: quando um terremoto é originado em

algum ponto do planeta, ondas longitudinais e transversais são geradas simultaneamente e se propagam pela crosta terrestre com diferentes velocidades, podendo ser detectadas por sismógrafos localizados a grandes distâncias do ponto de origem do tremor. Conhecidas essas velocidades, pode-se determinar a localização da projeção do ponto de origem do terremoto sobre a superfície terrestre (epicentro). Comente que são necessários pelo menos dois sismógrafos, em locais diferentes, para determinar a posição do epicentro e questione se os estudantes sabem por que é preciso mais de um sismógrafo. Com base nas respostas e nas pesquisas dos estudantes, explique os conceitos de onda transversal e de onda longitudinal. Depois, trabalhe os conceitos desenvolvidos no livro.

Pode-se dizer que, com a diferença dos intervalos de tempo de chegada das ondas aos sismógrafos e conhecidas as velocidades de propagação, é possível determinar as distâncias que elas percorreram. Assim, o epicentro do terremoto estará localizado sobre uma circunferência com centro no sismógrafo e raio igual à distância percorrida pelas ondas. Com dois sismógrafos, há duas circunferências que se interceptam em dois pontos. A escolha do ponto correto pode, então, ser feita por eliminação, visto que, em regiões próximas ao epicentro do terremoto, os estragos são maiores do que em pontos mais afastados dele, ou, se for o caso, recorre-se a um terceiro sismógrafo para obter maior precisão.

6. Características físicas de uma onda

Nesta seção, é importante que os estudantes entendam os conceitos de crista, vale, amplitude, comprimento de onda, frequência e período de uma onda. Para isso, sugerimos utilizar a situação apresentada e explorar as questões propostas.

Também é possível utilizar o simulador disponível em: <<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>> (acesso em: 25 jul. 2020), já citado, para reproduzir a situação. Para facilitar a visualização, use a opção sem extremidade ("sem fim"), fixe a amplitude em 50, a frequência em 70 e o amortecimento ("Perda de energia") em 0, selecione a opção "Oscilador" e faça a apresentação avançando passo a passo ("Avançar passo a passo").

A opção "Régua" pode ser útil durante a apresentação do conceito de comprimento de onda (λ).

Aplicando conhecimentos

- 3 a) A frequência e a amplitude de uma onda são grandezas independentes uma da outra, mas ambas dependem de características da fonte que gera a onda.
- b) Durante uma oscilação completa, ou um ciclo, a perturbação percorre uma distância que denominamos comprimento de onda.
- c) Se a energia transmitida pela fonte for maior, o máximo afastamento das partículas do meio da posição de equilíbrio, que caracteriza a amplitude, aumentará. Assim, se a fonte oscilar com mais energia, a amplitude aumentará.

- 4** a) Como 60 gotas caem da torneira em 1 min, cai 1 gota a cada segundo. Assim, podemos concluir que o intervalo de tempo Δt entre duas gotas sucessivas é de 1 s. Esse intervalo de tempo é o período em que a torneira goteja.
- b) Como cai da torneira 1 gota a cada 1 s, em 1 h 10 min, ou 4.200 s, cairão da torneira 4.200 gotas, que encherão o copo de 210 mL. Assim, o volume médio (V_g) de uma gota de água é igual a 0,05 mL, ou 0,05 cm³.
- c) Como cai da torneira 1 gota a cada 1 s, em 10 horas, ou 36.000 s, cairão da torneira 36.000 gotas. Considerando que cada gota tem volume de 0,05 mL, em 10 horas, serão desperdiçados 1.800 mL de água, o equivalente a 1,8 L.
- 5** a) $f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{240}{60} = 4 \therefore f = 4 \text{ Hz}$. A corda realiza 4 oscilações a cada segundo. Portanto, a frequência da onda que se propaga nessa corda é de 4 Hz.
- b) $\Delta t = T = \frac{1}{f} = \frac{1}{4} = 0,25 \therefore T = 0,25 \text{ s}$. Assim, os pontos da corda realizam uma oscilação completa em 0,25 s, isto é, seu período é igual a 0,25 s.
- c) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{240 \text{ cm}}{1 \text{ s}} = 240 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$

Já vimos que $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 240 = \lambda \cdot 4 \therefore \lambda = 60 \text{ cm}$. Portanto, o comprimento de onda é igual a 60 cm.

7. Velocidade da propagação de uma onda

Ao apresentar o conceito de velocidade de propagação de uma onda, é importante destacar o fato de que a velocidade de uma onda depende das características físicas do meio no qual ela se propaga mas não das características da fonte geradora.

Para apresentar a equação fundamental da propagação ondulatória, sugerimos partir da definição cinemática de velocidade. Como a onda percorre uma distância igual ao seu comprimento de onda λ em um intervalo de tempo igual ao seu período T , então sua velocidade de propagação v pode ser calculada pela relação $v = \frac{\lambda}{T}$.

Aplicando conhecimentos

- 6** Alternativa D.

Na profundidade onde o tsunami é gerado e na região costeira, temos, respectivamente:

$$v_1 = \sqrt{g \cdot h} \text{ e } v_2 = \sqrt{g \cdot \frac{h}{2.500}} \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{50}$$

A velocidade ficou reduzida por um fator 50.

Como a energia transportada é praticamente conservada, temos:

$$k \cdot v_1 \cdot a_1^2 = k \cdot \frac{v_1}{50} \cdot a_2^2 \Rightarrow a_2 = \sqrt{50} \cdot a_1 \Rightarrow \\ \Rightarrow a_2 \approx 7 \cdot a_1$$

A amplitude da onda ficou multiplicada por 7.

- 7** Nas águas mais profundas, ou seja, no alto-mar, as ondas têm maior velocidade, portanto, maior energia cinética e pequena energia potencial gravitacional. Ao se aproximarem da praia, as ondas perdem velocidade e, consequentemente, perdem energia cinética, e ganham energia potencial gravitacional. Daí o aumento gigantesco na altura das cristas de onda.

8. Potência e intensidade na propagação de uma onda

Para uma onda que se propaga em todas as direções do espaço, portanto, tridimensional (com frente de ondas plana ou esférica), a intensidade I dessa onda é obtida pela razão entre a potência P da fonte que emitiu a onda e a área A atingida por ela em determinado instante, conforme mostra a equação apresentada no livro.

Enfatize aos estudantes que, no Sistema Internacional de Unidades (SI), a potência da fonte é medida em watt (W); a área atingida pela onda, em metro quadrado (m²); e a intensidade da onda, em watt por metro quadrado (W/m²).

Atividade em grupo

Sugerimos a formação de pequenos grupos, de três ou quatro integrantes. Oriente os estudantes a pesquisar diferentes tópicos relacionados ao tema. Você pode sugerir que cada grupo pesquise informações referentes a uma das questões apresentadas na seção. Após a pesquisa, proponha uma roda de conversa para que os estudantes compartilhem as informações encontradas.

De olho na BNCC

- EM13CNT308**

A *Atividade em grupo* permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308**, ao propor aos estudantes que investiguem e analisem o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos para compreender as tecnologias contemporâneas.

Aplicando conhecimentos

8 a) $I = \frac{P}{\pi r^2} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{3 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow I = 1,6 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 1.600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- b) Essa intensidade é maior que a intensidade da radiação solar na superfície da Terra, daí o perigo de se apontar o feixe laser para os olhos de uma pessoa.

- 9** Alternativa C.

I. Correta. É o que ocorre com a luz nos meios homogêneos e transparentes.

II. Correta. Cada vez que a distância dobra, a área iluminada quadruplica, reduzindo assim a intensidade luminosa para $\frac{1}{4}$ do valor anterior.

III. Incorreta. A quantidade de energia que atinge cada superfície é sempre a mesma, o que diminui é a intensidade da iluminação. A intensidade pode ser entendida como a “densidade” de distribuição da energia.

IV. Incorreta. Se A é a área da região menor e I a intensidade luminosa nessa região, a intensidade de luminosa na região maior será $\frac{I}{16}$, pois essa região tem área igual a 16A.

Metas do capítulo

- Identificar as causas dos diferentes tipos de poluição.
- Compreender as consequências da poluição.
- Entender como podemos agir para reduzir a poluição.
- Apresentar os materiais que podem sofrer reciclagem e as vantagens de sua implementação.

Sugestões didáticas e comentários

Esperamos que o estudo deste capítulo leve o estudante a compreender as causas e as consequências da poluição, além de entender como é possível agir para reduzi-la. Espera-se também que ele reconheça as vantagens da implementação de reciclagem na sociedade. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

• EM13CNT104 • Competência geral 10

O texto do capítulo provê o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**, na medida em que avalia os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos.

A **competência geral 10** também é evidenciada nos textos e nas atividades deste capítulo ao incentivar que o estudante tome decisões com base em princípios éticos e, principalmente, sustentáveis.

1. Introdução

Para iniciar as discussões propostas ao longo do capítulo, sugerimos apresentar aos estudantes o filme de animação *Wall-e* (direção de Andrew Stanton, Estados Unidos, 2008), que traz uma discussão relevante sobre o lixo na Terra, que acabou por “expulsar” seus habitantes do planeta. Assim, quando o personagem principal, Wall-e, sai do planeta, ele atravessa uma vasta camada de lixo espacial. Após assistirem ao filme, você pode iniciar uma roda de conversa com o tema “Poluição ambiental” para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. No decorrer do capítulo, você pode também utilizar trechos do filme para contextualizar os conteúdos apresentados, tornando a aprendizagem mais clara e significativa.

2. Poluição ambiental

Sugestão de atividade complementar

Poluição

A atividade proposta é bem simples e serve apenas para iniciar as discussões que surgirão a partir do estudo do capítulo.

1. Proponha o vídeo de animação disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=X_fxPEEQ57o>. (Acesso em: 26 ago. 2020.)

Peça aos estudantes que identifiquem o que causou a morte da pessoa que é personagem da animação. Quais são os elementos que provocam a poluição daquele ambiente? Por que o uso das máscaras?

2. O vídeo disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=U95dIKU2sSE>> (acesso em: 16 jul. 2020) tem um propósito diferente daquele do primeiro vídeo.

Peça aos estudantes que discutam por que são necessárias as mudanças de atitudes para a construção de um planeta sustentável e por que a necessidade da criação de um Dia Mundial do Meio Ambiente.

3. Após essas discussões preliminares, apresente a Carta da Terra. No endereço <<https://antigo.mma.gov.br/educacao-ambiental/pol%C3%ADtica-nacional-de-educa%C3%A7%C3%A3o-ambiental/documentos-referenciais/item/8071-carta-da-terra.html>> (acesso em: 10 abr. 2021), encontra-se o texto apresentado abaixo e mais explicações sobre o teor da Carta da Terra e sua história.

A Carta da Terra é uma declaração de princípios fundamentais para a construção de uma sociedade global no século XXI, que seja justa, sustentável e pacífica. O documento procura inspirar em todos os povos um novo sentido de interdependência global e de responsabilidade compartilhada pelo bem-estar da família humana e do mundo em geral. É uma expressão de esperança e um chamado a contribuir para a criação de uma sociedade global num contexto crítico na História. A visão ética inclusiva do documento reconhece que a proteção ambiental, os direitos humanos, o desenvolvimento humano equitativo e a paz são interdependentes e inseparáveis. Isto fornece uma nova base de pensamento sobre estes temas e a forma de abordá-los. O resultado é um conceito novo e mais amplo sobre o que constitui uma comunidade sustentável e o próprio desenvolvimento sustentável.

Fonte: Carta da Terra – Unesco, Paris, 2000. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/educacao-ambiental/pol%C3%ADtica-nacional-de-educa%C3%A7%C3%A3o-ambiental/documentos-referenciais/item/8071-carta-da-terra.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

É importante que os estudantes debatam sobre esse documento, tendo em vista as questões ambientais que estamos propondo.

De olho na BNCC

• EM13CNT103 • EM13CNT203 • EM13CHS305 • EM13CNT105 • EM13CNT310 • EM13CHS306

Esta seção permite o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT103**, na medida em que utiliza o conhecimento sobre as radiações para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação no ambiente; **EM13CNT105**, ao analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos; **EM13CNT203**, ao avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano; **EM13CNT310**, ao investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos.

As habilidades **EM13CHS305** e **EM13CHS306**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, também são evidenciadas nesta seção, na medida em que propõe a análise do papel e das competências legais dos organismos de fiscalização ambiental para a promoção e a garantia de práticas ambientais sustentáveis, além de avaliar os impactos de diferentes modelos socioeconômicos no uso dos recursos naturais.

Atividade em grupo

O ideal da *Atividade em grupo* é que toda a classe assista ao filme “Erin Brockovich, uma mulher de talento” em conjunto. Pode-se propor uma mesa de debates e convidar os professores de Literatura, Artes, Filosofia, História, Sociologia e Biologia para participarem dela.

“Se uma pessoa ousa dizer ‘isso está errado, outras se sentem estimuladas a seguir seu exemplo.” (Erin Brockovich)

O filme sugerido narra a história verídica de Erin Brockovich, americana do Kansas, que após se separar do marido, desempregada e com um bebê recém-nascido, sofre um acidente de carro e procura um escritório de advocacia para representá-la. Após ganhar a ação, e penalizado, o proprietário do escritório contrata Erin, que passa a trabalhar na empresa como arquivista.

Elá acaba por se interessar pelo caso de uma empresa de eletricidade cujos dejetos estavam poluindo a água de uma pequena cidade da Califórnia com substâncias tóxicas. Durante cinco anos, Erin visitou diariamente as famílias que viviam na cidadezinha, acompanhando os casos de envenenamento e reunindo provas para abrir uma ação judicial contra a companhia.

Apesar de todos os contratemplos, Erin não desanimou até ganhar a causa, no valor de 333 milhões de dólares — dos quais recebeu uma comissão de 2,5 milhões.

Depois de assistir ao filme, podem ser discutidas as questões sugeridas a seguir:

- Qual é a principal distinção entre águas poluídas e águas contaminadas?
- Que riscos a contaminação/poluição das águas de um rio oferecem à população que delas faz uso?
- Que fatores podem levar à contaminação/poluição do lençol freático em uma região?
- Que tipos de doenças estão associados à contaminação/poluição da água?

O objetivo principal da atividade é conscientizar os estudantes a respeito da contribuição que cada um de nós pode dar para diminuir os efeitos da contaminação/poluição das águas e ajudar a melhorar nossa qualidade de vida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13LGG704**

A pesquisa sugerida nesta *Atividade em grupo* proporciona o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT303**, ao interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados; e **EM13LGG704**, da área de Linguagens e suas Tecnologias, ao apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informação.

Atividade em grupo

O objetivo desta atividade é levar os estudantes a adotar um posicionamento crítico diante das informações divulgadas pela mídia e a desenvolver análises com base em uma argumentação válida.

O uso de alimentos transgênicos é um assunto bastante controvertido que opõe ambientalistas, pesquisadores e grandes corporações.

Os estudantes poderão pesquisar e analisar os argumentos favoráveis ou desfavoráveis citados pelos envolvidos nessa controvérsia.

Em uma aula previamente agendada, pode-se dirigir e mediar um debate entre as diferentes visões sobre o assunto. É importante que a argumentação tenha por base fatos comprovados.

Sugerimos que a classe seja dividida em dois grandes grupos. Cada estudante do grupo 1, individualmente, deve levantar dados, pesquisas, informações, reportagens sobre os aspectos positivos da produção e do uso de transgênicos.

O grupo 2 deve fazer a mesma pesquisa, mas levantando os aspectos negativos.

Em aula previamente agendada, pode ser realizado um debate após a apresentação de todos os aspectos pesquisados. É interessante levar para a sala de aula embalagens com o símbolo de uso de transgênicos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT304**
- **Competência geral 7**

Esta *Atividade em grupo* permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT304**, ao analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza com base em argumentos consistentes.

A **competência geral 7** é evidenciada nesta atividade, na medida em que o estudante é incentivado a argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias que respeitem e promovam a consciência socioambiental e o consumo responsável.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa C.

A destruição da camada de ozônio é causada, principalmente, pelo gás clorofluorcarbono, enquanto o efeito estufa é ocasionado pelo dióxido de carbono e as chuvas ácidas são causadas pelo dióxido de enxofre.

2 Alternativa B.

O processo de eutrofização do ambiente desencadeia a multiplicação de dinoflagelados, algas que podem liberar substâncias nocivas ao ambiente aquático.

3 Alternativa B.

1. Correta: Os lixões e aterros geralmente são localizados nas áreas periféricas das cidades e, muitas vezes, a população descarta resíduos em locais próximos de suas residências.

2. Incorreta: Nos aterros sanitários o lixo é aterrado, como o próprio nome diz, não ficando, portanto, exposto a céu aberto.

3. Correta: O chorume proveniente dos resíduos sólidos pode contaminar o ar e os lençóis freáticos, afetando a saúde da população residente no entorno dos lixões e aterros.

4. Incorreta: Os resíduos produzidos por meio da decomposição da matéria orgânica podem poluir os solos e as águas.

3. Reciclagem

Procure saber a opinião dos estudantes a respeito da reciclagem de materiais como papel, vidro, lata etc. Se em sua cidade existir uma coleta de lixo seletiva, procure saber se seus estudantes separam o lixo adequadamente e como isso pode alterar hábitos de consumo.

Se possível, proponha uma pesquisa a respeito da quantidade de lixo recolhida em sua cidade e quanto dele é, ou pode ser, reciclado.

O documentário *A história das coisas*, disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Q3YqeDSfdfk>> (acesso em: 16 jul. 2020), mostra um pouco do processo de economia de materiais desde a extração de matéria-prima até o descarte do produto pelo consumidor, incluindo aí as possibilidades de reciclagem, a economia que tudo isso gera, a mão de obra, o consumo, as relações governamentais, as relações sociais e de trabalho, entre outras.

Pode-se pedir aos estudantes que pesquisem a reciclagem de outros insumos além dos já citados no livro. Como exemplo, sugerimos uma pesquisa sobre a reciclagem do óleo de cozinha usado ou das embalagens longa vida.

Os estudantes podem, também, buscar informações a respeito do lixo recolhido em sua região e a destinação dada a ele.

De olho na BNCC

- **EM13CHS301**

O conteúdo apresentado nesta seção provê o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS301**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao problematizar hábitos e práticas individuais e coletivos de produção, reaproveitamento e descarte de resíduos.

Sugestão de atividade complementar

Papel reciclado

Pode-se incentivar os estudantes a se preocuparem mais com as agressões ao meio ambiente e com a grande quantidade de papel desperdiçado em nossa sociedade atual. Sugerimos propor a eles uma atividade que, além de ecologicamente correta, pode ser divertida, reaproveitando o papel desperdiçado criando o próprio papel reciclado. A reciclagem caseira de papel

é um processo relativamente simples e o produto final pode ser usado de diversas formas.

Material

- Água;
- papel (jornal velho, revista, papel de impressora ou papelão ondulado);
- 1 moldura com tela fina (o papel que será produzido terá o tamanho dessa moldura);
- 1 liquidificador;
- panos;
- colher;
- 1 bacia.

Procedimento

- 1) Pique em pedaços pequenos o papel que será reciclado e deixe de molho de um dia para o outro em uma bacia com água. Certifique-se de que todo o papel fique coberto pela água.
- 2) No dia seguinte, despeje em um liquidificador a polpa que você obteve na bacia e bata com cuidado. Se a massa estiver muito espessa, acrescente um pouco de água.
- 3) Despeje essa massa em uma bacia, grande o suficiente para receber a moldura com a tela fina.
- 4) Mergulhe a tela na bacia até que ela fique coberta pela massa de papel.
- 5) Retire a moldura da bacia e, com cuidado, alise a massa com uma colher.
- 6) Vire a folha em um pano, esticado sobre uma superfície plana, tomando cuidado para que ela não se desfaça.
- 7) Repita o procedimento quantas vezes quiser.
- 8) Deixe as folhas obtidas secarem à sombra.

Pronto! Agora é só fazer um bom uso do seu papel personalizado.

De olho na BNCC

- **Competência geral 10**

Esta Sugestão de atividade complementar possibilita o desenvolvimento da **competência geral 10**, ao incentivar que o estudante tome decisões com base em princípios sustentáveis.

CAPÍTULO 10 Ácidos e bases na Química Orgânica

Metas do capítulo

- Identificar as classes funcionais álcool, fenol, ácido carboxílico, ácido sulfônico e amina.
- Avaliar a acidez de compostos orgânicos como fenóis, ácidos carboxílicos e ácidos sulfônicos.
- Conhecer o efeito de grupos substituintes eletroatraentes sobre a acidez de ácidos carboxílicos.
- Reconhecer as propriedades básicas das aminas, sabendo que se ionizam em meio aquoso e que reagem com ácidos.

- Relacionar o caráter anfótero de uma espécie química à presença tanto de grupo(s) funcional(is) ácido(s) quanto de grupo(s) funcional(is) básico(s) em sua estrutura.

Sugestões didáticas e comentários

Considerando os conteúdos que serão abordados neste capítulo, sugerimos que ele seja trabalhado pelo professor com formação em Química.

A abertura do capítulo fala sobre a necessidade de uso de água com elevado grau de pureza em determinados processos laboratoriais e industriais. Pergunte aos estudantes se eles consideram que a água potável é completamente pura e se a água que abastece nossas casas seria adequada para utilização nesses processos. Aproveite a discussão para explicar que a água potável é, de fato, uma solução aquosa contendo diversos cátions e ânions dissolvidos. Se possível, leve rótulos de água mineral ou materiais informativos da composição dessas águas para ilustrar esse aspecto.

Saliente que a água usada em processos como a produção de medicamentos precisa ser adequadamente purificada porque solutos comumente presentes na água encanada podem comprometer a qualidade de medicamentos.

Por meio dessa conversa inicial, é importante que os estudantes percebam que as técnicas de purificação da água para uso em processos como a produção de medicamentos visam não apenas eliminar microrganismos e partículas em suspensão, mas também cátions e ânions dissolvidos. Comente que um dos modos de eliminar íons do meio aquoso é usando materiais denominados resinas de troca iônica, um dos temas abordados neste capítulo. Para compreender como funcionam essas resinas é necessário, primeiramente, adquirir uma noção sobre compostos orgânicos ácidos e compostos orgânicos básicos.

1. Conceitos introdutórios

Este item apresenta algumas classes funcionais importantes para o estudo da acidez e da basicidade de compostos orgânicos. Use os exemplos apresentados no Livro do Estudante para, em primeiro lugar, diferenciar classes funcionais de grupos funcionais. Mostre a estrutura do grupo funcional carboxila e explique que os compostos orgânicos que apresentam essa estrutura são chamados de ácidos carboxílicos.

Descreva o grupo funcional hidroxila, que está presente em duas classes funcionais que serão estudadas neste capítulo: os álcoois e os fenóis. Explique como é feita a diferenciação entre essas duas classes funcionais. Deixe claro que, quando o grupo hidroxila está ligado a um átomo de carbono saturado, o composto é um álcool. Por outro lado, se o grupo hidroxila encontra-se ligado a um átomo de carbono pertencente a um anel benzênico, o composto é um fenol. Aborde a Figura 1 do Livro do Estudante, ressaltando as possíveis representações do benzeno, deixando claro que ele possui ligações simples e duplas alternadas em uma sequência cíclica de seis átomos de carbono. O reconhecimento da estrutura de um anel benzênico é essencial para que os estudantes possam identificar se uma estrutura corresponde à classe funcional fenol.

Apresente as classes funcionais amina e ácido sulfônico. É importante destacar que as aminas são substâncias orgânicas nitrogenadas que podem ser consideradas (ao menos do ponto de vista teórico) derivadas da amônia, NH_3 , por meio da substituição de um, dois ou três hidrogênios por substituintes orgânicos. Em seguida, escreva as fórmulas estruturais de ácidos sulfônicos na lousa e diferencie essa classe funcional orgânica da dos ácidos carboxílicos. A interpretação de fórmu-

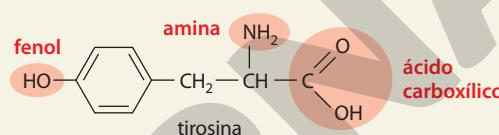
las estruturais e sua diferenciação são habilidades importantes para o desenvolvimento desse capítulo.

Quando apresentar a fórmula estrutural da tirosina (Fig. 1.D) e a da vanilina (Fig. 1.E), que exemplificam substâncias contendo anel benzênico, aproveite para comentar que muitas das substâncias orgânicas apresentam grupos característicos de mais de uma classe funcional, mas não diga quais são as classes funcionais presentes nessas substâncias porque isso é objeto da atividade a seguir.

Dialogando com o texto

Oriente os estudantes durante a análise das fórmulas estruturais, destacando que a identificação do grupo funcional é um passo fundamental para reconhecer a que classes funcionais uma substância pertence. Na atividade 1, a resposta esperada é:

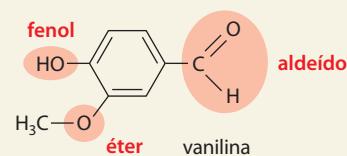
1.



Na pesquisa solicitada na atividade 2 (identificar as classes funcionais orgânicas presentes na molécula de vanilina, que são fenol, éter e aldeído), auxilie os estudantes para que selezionem fontes confiáveis de informação onde possam consultar grupos funcionais orgânicos. Perceba que a ideia, nesse capítulo, não é realizar a apresentação de mais dois grupos funcionais (éter e aldeído), mas capacitar os estudantes para terem autonomia na identificação de classes funcionais, mediante consulta, quando necessário.

Como resultado da pesquisa, espera-se que os estudantes percebam que é todo composto orgânico que apresenta um átomo de oxigênio ($-\text{O}-$) ligado a dois átomos de carbono pertencentes a grupos orgânicos como $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ e $-\text{C}_6\text{H}_5$ (anel benzênico). Também se espera que encontrem o grupo funcional da classe aldeído e o identifiquem na estrutura da vanilina, como mostrado a seguir:

2.



2. Acidez na Química Orgânica

Explique para os estudantes que, assim como acontece com os ácidos inorgânicos, os ácidos orgânicos se ionizam em meio aquoso. Escreva na lousa as equações de reações apresentadas no Livro do Estudante e seus respectivos valores de constante de equilíbrio (K_a). Explique que o fato de três dessas reações apresentarem valor numérico de K_a mais alto que o do produto iônico da água (K_w , incluído na lista para comparação) mostra que o ácido sulfônico, o ácido carboxílico e o fenol apresentam tendência a formar íons oxônio, H_3O^+ , em solução aquosa. Auxilie os estudantes a perceber que esses valores de K_a evidenciam que a sequência crescente de força ácida é fenol < ácido carboxílico < ácido sulfônico.

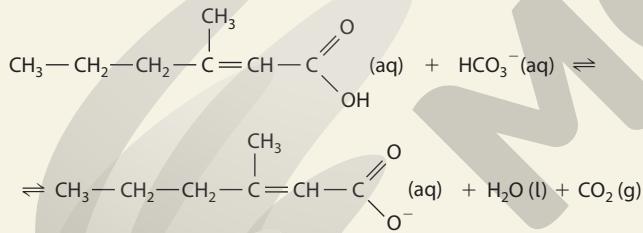
Destaque, também pela análise dos dados, que o caráter ácido de álcoois é bem inferior ao da água, o que significa, em termos práticos, que eles não apresentam tendência a produzir íons H_3O^+ quando em solução aquosa. Com efeito, a dissolução de etanol em água pura não afeta o $p\text{H}$ do meio. Além disso, o etanol não reage com bases (como NaOH) em meio aquoso.

Explique que ácidos sulfônicos e ácidos carboxílicos apresentam acidez suficiente para reagir com íons bicarbonato, HCO_3^- , produzindo $\text{CO}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, mas que fenóis, por serem ácidos bem mais fracos, não apresentam essa tendência frente ao HCO_3^- .

Amplie essa abordagem realizando uma atividade experimental na qual os estudantes deverão misturar uma colher (de sopa) de vinagre em um quarto de copo de água (copo de 250 mL) e, a seguir, adicionar uma colher (de café) de bicarbonato de sódio sólido a esse líquido. Imediatamente, será observada efervescência. Antes de começar, instrua-os sobre esse procedimento e os alerte para não deixarem o vinagre ou o bicarbonato terem contato com a pele e os olhos. Caso esse contato ocorra, devem lavar o local com água em abundância. Seguido desse procedimento, não há periculosidade no procedimento, que os próprios estudantes podem realizar. Ao final, a solução resultante pode ser descartada na pia. Peça que os estudantes expliquem o observado e registrem a equação química que representa a reação.

Dialogando com o texto

Por se tratar de um ácido carboxílico, o composto apresentado na atividade (ácido 3-metil-hex-2-enoico) reage com íons HCO_3^- , produzindo água e dióxido de carbono gasoso. A equação química que se espera que os estudantes apresentem é:



De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

O *Dialogando com o texto* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois leva o estudante a analisar e representar as transformações em sistemas que envolvem quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos.

3. Efeito de substituintes na força áida

Ao explorar esse item, peça aos estudantes que observem as equações que representam as reações de ionização dos ácidos cloroacético, acético e propanoico. Peça que eles comparem as fórmulas estruturais (Fig. 2 do Livro do Estudante) dessas substâncias e auxilie-os a identificar

susas diferenças. Reserve um tempo para que os estudantes analisem as informações do Livro do Estudante e propoñham uma ordem crescente de acidez para os compostos apresentados.

Espera-se que eles percebam, considerando os valores de K_a , que o ácido cloroacético é mais ácido que o ácido acético e que o ácido propanoico é ligeiramente menos ácido. Para auxiliar os estudantes a perceber que a diferença de força áida em relação ao ácido acético é pouco relevante no caso do ácido propanoico, solicite que calculem o valor do $p\text{H}$ de uma solução de concentração 0,10 mol/L de cada um desses dois ácidos, expressando-o com uma casa decimal. Estimule-os a utilizar os conceitos trabalhados nos Capítulos 6 e 7. A partir da equação $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot M}$ e usando uma calculadora, espera-se que concluam que a solução de ácido acético apresenta $p\text{H} = 2,9$ e a de ácido propanoico, também $p\text{H} = 2,9$. (Com mais uma casa decimal, esses valores seriam, respectivamente, 2,87 e 2,92.)

Com o auxílio da Figura 3 do Livro do Estudante, explique a origem do efeito induutivo eletroatraente. Correlacione esse efeito com a eletronegatividade do(s) átomo(s) presente(s) em um substituinte e mostre que átomos dos elementos químicos flúor, oxigênio, nitrogênio, cloro e bromo, sendo mais eletronegativos que átomos do elemento químico carbono, contribuem para a ocorrência de efeito eletroatraente. Nesse ponto, é importante ressaltar que, quanto maior for a estabilidade de uma espécie química como produto de uma reação química, maior a tendência de ocorrência dessa reação. No caso, quanto maior a estabilidade do ânion derivado de um ácido, maior a tendência de ocorrer ionização e, portanto, maior o valor de K_a . Com base na Figura 4.A do Livro do Estudante, faça uma sistematização dos grupos substituintes que podem aumentar a força de um ácido carboxílico.

Para ilustrar que os grupos da Figura 4.B não causam alteração significativa da força áida, retome a comparação do ácido acético com o ácido propanoico e, em seguida, peça que os estudantes comparem a força desses dois com a dos ácidos butanoico e pentanoico (os valores numéricos de K_a desses dois últimos são fornecidos no final do Item 3, no Livro do Estudante). Procure, sempre que possível, permitir que os estudantes proponham explicações antes de fornecer a resposta esperada para esse tipo de abordagem. Assim, eles podem elaborar argumentos e explicações a partir da análise de dados e informações fornecidas no Livro do Estudante. No caso dessa comparação, espera-se que percebam, fundamentados nos valores de K_a apresentados no item, que a força dos ácidos etanoico, propanoico, butanoico e pentanoico são bastante similares devido ao fato de apresentarem apenas átomos de carbono e de hidrogênio na parte da molécula ligada ao grupo funcional carboxila.

4. Basicidade na Química Orgânica

Na lousa, equacione as reações de ionização das substâncias metilamina, dimetilamina e trimetilamina e

saliente que a produção de íons hidróxido nessas reações faz o meio ficar alcalino. Estabeleça um paralelo com a ionização da amônia, enfatizando, assim, o caráter básico desses compostos.

Caso considere oportuno, comente com os estudantes a teoria ácido-base de Bronsted-Lowry, segundo a qual ácido é toda espécie química que doa próton (H^+) e base é toda espécie química que recebe próton em uma reação química. Caso o docente deseje obter informações sobre as teorias ácido-base, que, apesar de não serem o enfoque deste capítulo, são ferramentas úteis, sugerimos o artigo: SOUZA, C. R.; SILVA, F. C. Discutindo o contexto das definições ácido-base. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 1, p. 14-18, 2018. Disponível em: <http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc40_1/04-CCD-52-17.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020. No caso de abordar a teoria ácido-base de Bronsted-Lowry, mostre aos estudantes que as aminas se comportam como bases nas reações representadas, pois recebem íon H^+ da água, ou seja, são protonadas pela água. Não deixe também de estimular os estudantes a observar as diferenças estruturais entre as três aminas apresentadas.

Mostre, por meio de equações químicas, que as aminas reagem com o H_3O^+ proveniente de ácidos fortes formando espécies protonadas e água. Em geral, os estudantes apresentam dificuldade em interpretar esse tipo de equação, por isso, auxilie-os a perceber que nelas o íon H_3O^+ doa um próton, H^+ , enquanto a amina recebe esse íon. Utilize a Figura 5 do Livro do Estudante para ilustrar também esse tipo de transformação.

Amplie a abordagem realizando junto com os estudantes a Atividade 4 do *Aplicando conhecimentos*. Estimule-os a explicar com suas palavras por que o cheiro de peixe pode ser removido utilizando vinagre. Para que eles consigam responder a essa pergunta, destaque que o odor desagradável dos peixes que não estão frescos é ocasionado por compostos da classe funcional das aminas (especialmente a trimetilamina, que deriva de um metabólito denominado óxido de trimetilamina). Em seguida, estimule-os a propor que reação química está envolvida nesse processo.

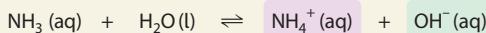
Dialogando com o texto

Na atividade, os estudantes são introduzidos à terminologia *próton* para referência ao íon H^+ transferido entre duas espécies químicas em uma reação química (já que 99,99% dos átomos de hidrogênio são do isótopo 1H , cujo núcleo é um próton). Solicita-se que os estudantes indiquem qual espécie química foi protonada (recebeu H^+) e qual foi desprotonada (perdeu H^+) nas reações equacionadas no Item 4. As respostas esperadas são mostradas a seguir, usando a legenda:

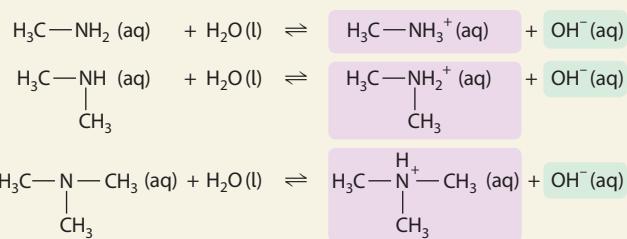
 espécie protonada (resultante da protonação)

 espécie desprotonada (resultante da desprotonação)

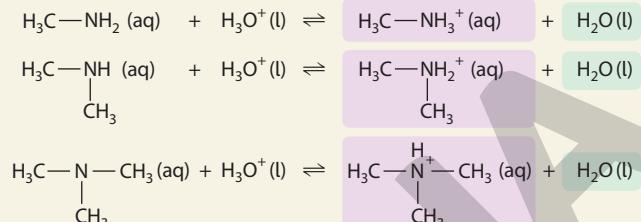
- Ionização da amônia:



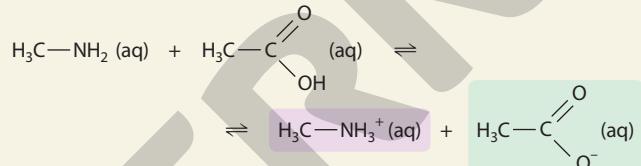
- Ionização de aminas em meio aquoso:



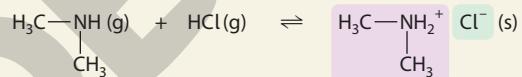
- Reação de aminas com ácidos fortes em meio aquoso:



- Reação de metilamina com ácido acético em meio aquoso:

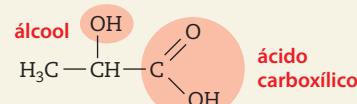


- Reação de dimetilamina com HCl em fase gasosa:

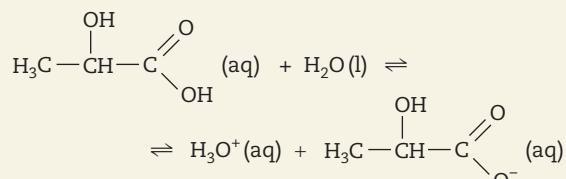


Aplicando conhecimentos

- 1 a) Os dois grupos funcionais presentes na molécula de ácido láctico estão destacados a seguir.

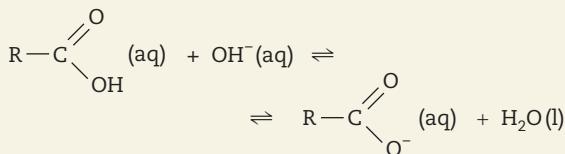


- b) Classes funcionais álcool (caracterizada por hidroxila ligada a átomo de carbono saturado) e ácido carboxílico (caracterizada pelo grupo carboxila).
- c) O caráter ácido é conferido pelo grupo funcional carboxila. Portanto:

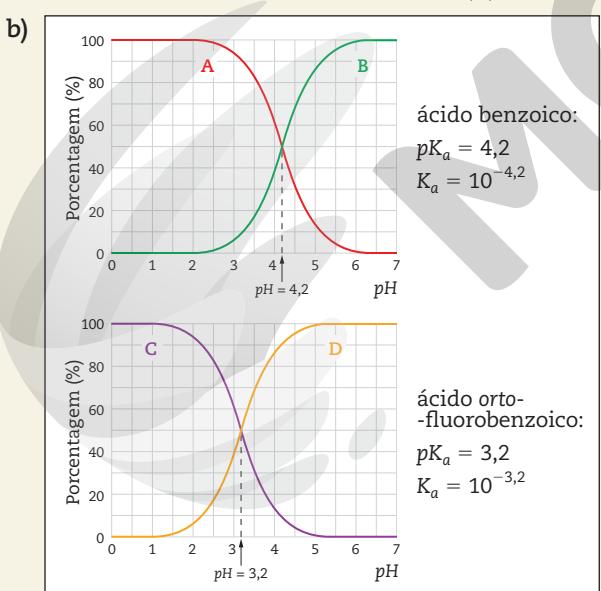
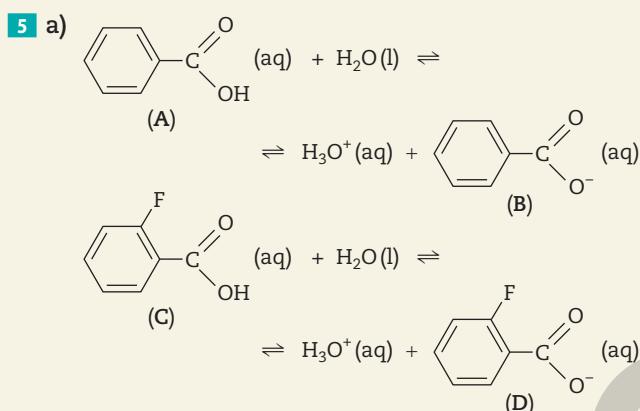


- 2 a) O ácido láctico, pois o valor de K_a é maior.
- b) O ácido láctico difere do ácido propanoico por apresentar uma hidroxila em substituição a um átomo de hidrogênio no átomo de carbono vizinho à carboxila, o que aumenta a força áida devido ao efeito induutivo eletroatraente do grupo $-OH$.
- 3 a) A solução é básica, pois, devido aos ânions hidroxídeo provenientes da parcela de $Mg(OH)_2$ que se dissolve, a solução apresenta $[OH^-] > [H_3O^+]$.

- b) São os íons hidróxido, OH^- , que reagem com os ácidos carboxílicos mencionados.
- c) A diminuição do cheiro de suor é provocada pela neutralização do ácido carboxílico, que o transforma em um ânion que não vaporiza (e não chega às narinas de ninguém). A reação citada pode ser representada por:



4 O vinagre é uma solução aquosa ácida devido à ionização do ácido acético nele presente. Os íons $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ existentes nessa solução neutralizam os íons $\text{OH}^-(\text{aq})$, diminuindo sua concentração. Isso acarreta deslocamento do equilíbrio mencionado no sentido dos produtos, transformando a trimetilamina em um íon que não vaporiza, diminuindo, assim, o cheiro de peixe.



O ácido mais forte é o ácido orto-fluorobenzoico. O valor de pH em que ocorre o cruzamento das curvas fornece o valor de pK_a de cada ácido:
 ácido benzoico: $pK_a = 4,2 \Rightarrow K_a = 10^{-4,2}$
 ácido orto-fluorobenzoico: $pK_a = 3,2 \Rightarrow K_a = 10^{-3,2}$

Assim, o ácido orto-fluorobenzoico apresenta maior K_a e, portanto, é mais forte. Essa maior força ácida se deve ao efeito eletroatraente do átomo de flúor próximo à carboxila.

5. Resinas trocadoras de íons

Inicie o item destacando aos estudantes, por meio da Figura 6 do Livro do Estudante, que as resinas trocadoras são produzidas sob a forma de pequenos grânulos. Em seguida, peça que observem as fórmulas estruturais das resinas trocadoras de cátions e de ânions representadas no Livro do Estudante. Explique a eles, por meio das equações dos equilíbrios 1 e 2 equacionados no item, que as resinas de troca iônica são compostos sintéticos que estabelecem equilíbrios com íons existentes no meio aquoso em que estão imersos.

Também usando as equações dos equilíbrios 1 e 2, mostre que esses equilíbrios podem ser deslocados no sentido dos produtos, o que tem como efeito a substituição de íons do meio aquoso por íons liberados pela resina: cátions no caso da resina trocadora catiônica e ânions no caso da resina trocadora aniónica. Tais deslocamentos de equilíbrio são o princípio em que se fundamenta a eliminação, por meio de resinas trocadoras de íons, de espécies químicas iônicas cuja presença no meio aquoso é indesejável. Explique também que, depois de passar sucessivamente pelas duas resinas, os íons H_3O^+ e OH^- que foram liberados na solução reagem formando a água.

Atividade em grupo

Ao desenvolver essa atividade, os estudantes deverão realizar uma pesquisa sobre o tratamento de efluentes industriais, cuja importância está relacionada ao fornecimento de água potável, ao controle de qualidade da água para consumo e lazer, e à preservação das formas de vida em ambientes aquáticos. A diversidade de processos industriais gera grande quantidade de efluentes, com variados níveis de periculosidade e poder de poluição.

Sugira aos estudantes que pesquisem o que diz a legislação sobre descarte de efluentes e também como é feito o tratamento quando eles são muito ácidos ($\text{pH} < 5$), muito básicos ($\text{pH} > 9$), apresentam alta temperatura (em correlação com o tema poluição térmica, abordado no Capítulo 6) ou estão contaminados com metais pesados e/ou outros tipos de poluentes. Oriente-os a procurar exemplos de "rios mortos" ou com grande taxa de contaminantes industriais.

Para a criação do material de divulgação, ajude os estudantes a buscar fontes confiáveis de pesquisa e a transmitir a informação de forma simples e objetiva, com o intuito de atingir um público amplo. Os vídeos produzidos podem ser divulgados nas mídias digitais da instituição, ampliando a discussão sobre o tema para além do ambiente escolar.

De olho na BNCC

- EM13CNT104
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT303
- EM13CNT310
- EM13CHS301
- EM13CHS305

A Atividade em grupo possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC: **EM13CNT104**, pois permite 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; **EM13CNT203**, no que diz respeito a 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; **EM13CNT206**, uma vez que permite discutir a importância da preservação e da 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; **EM13CNT303**, pois permite 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; **EM13CNT310**, por envolver investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (no caso, a atuação do poder público na fiscalização dos efluentes despejados em corpos d'água) 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; **EM13CHS301**, no que se refere a problematizar hábitos e práticas individuais e coletivos de produção, descarte de resíduos em metrópoles, áreas urbanas e rurais, elaborando e/ou selecionando propostas de ação que promovam a sustentabilidade socioambiental e o combate à poluição sistêmica; e **EM13CHS305**, pois permite analisar e discutir o papel e as competências legais dos organismos nacionais e internacionais de regulação, controle e fiscalização ambiental e dos acordos internacionais para a promoção e a garantia de práticas ambientais sustentáveis.

6. Caráter anfótero na Química Orgânica

Este item aborda o caráter anfótero de compostos químicos, utilizando como exemplos os α -aminoácidos, que apresentam grupo funcional ácido (carboxila) e grupo funcional básico (amina) em suas estruturas.

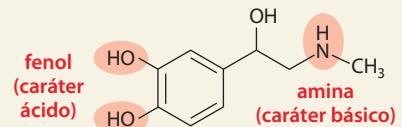
Reproduza na lousa os exemplos do Livro do Estudante que mostram a equação das reações de um α -aminoácido com uma base ou com um ácido e peça aos estudantes que identifiquem o grupo ácido e o grupo básico em cada exemplo. Mostre que o grupo $-\text{COOH}$ (de caráter ácido) do α -aminoácido reage com íon OH^- proveniente da base, enquanto o grupo $-\text{NH}_2$ (de caráter básico) reage com íon H_3O^+ proveniente do ácido. Explique que, por essa razão, os aminoácidos são compostos de caráter anfótero, ou seja, que se comportam como ácidos ou bases dependendo do outro reagente envolvido na transformação química.

Caso deseje ampliar a abordagem do item falando também sobre a polimerização dos α -aminoácidos formando proteínas e sobre como a estrutura destas são condicionadas por fatores como ligações de hidrogênio e a estrutura dos grupos laterais (R), você encontrará informações no artigo: FRANCISCO JR., W. E.; FRANCISCO, W. Proteínas: hidrólise, precipitação e um tema para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*. n. 24, p. 12-16, 2006. Disponível em: <<http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc24/ccd1.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2020. A publicação traz uma introdução aos conceitos relacionados às proteínas, um experimento simples para auxiliar na discussão desses conceitos e sugestões de questionamentos para discussão em sala de aula.

Finalizando a abordagem do Item 6, comente que os compostos orgânicos que apresentam caráter anfótero possuem um grupo funcional de propriedades básicas (amina) e um grupo funcional de propriedades ácidas (ácido sulfônico, ácido carboxílico e/ou fenol). No entanto, algumas espécies químicas inorgânicas também podem apresentar caráter anfótero. Para ampliar a abordagem e estimular o interesse dos estudantes, você pode realizar, de modo demonstrativo, o experimento proposto em: COSTA, T. S; ORNELAS, D. L.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Experimentos com alumínio. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 38-40, 2006. Disponível em: <<http://qnesc.sqb.org.br/online/qnesc23/a09.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2020. Utilize amental de algodão, óculos de proteção e luvas. A solução ácida deve ser neutralizada com solução aquosa de NaOH 0,1 mol/L até pH entre 5 e 9, após o que pode ser descartada na pia. A solução básica deve ser neutralizada com solução aquosa de HCl 0,1 mol/L até pH entre 5 e 9, após o que também pode ser descartada na pia.

Dialogando com o texto

Após propiciar um tempo para que os estudantes realizem a atividade, comente-a e, se necessário, auxilie os estudantes a interpretar a fórmula estrutural da adrenalina, indicando quais são os grupos responsáveis pelo caráter anfótero.



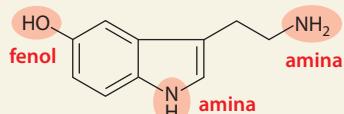
A hidroxila não assinalada corresponde à classe funcional álcool, que não confere caráter ácido nem básico à substância.

Em destaque

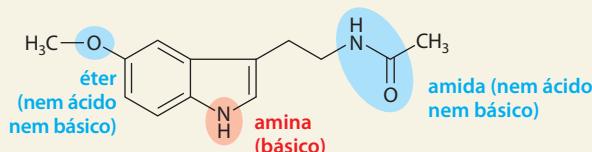
1. Neurotransmissores são substâncias que medeiam um impulso nervoso em uma sinapse (junção entre dois neurônios adjacentes através da qual o impulso nervoso se propaga de um para o outro) ou em uma junção neuromuscular (local de contato entre um neurônio e uma célula muscular através da qual um impulso nervoso que chega pelo neurônio se transmite à célula muscular, provocando sua contração). Exemplos de neurotransmissores são a adrenalina, a noradrenalina, a serotonina, a dopamina, a acetilcolina, o glutamato e o

ácido gama-amino-butírico (GABA). Os neurotransmissores são produzidos pelo neurônio e, no momento da transmissão do impulso nervoso, são liberados no espaço da sinapse ou da junção neuromuscular. Uma disfunção da produção e da atuação dos neurotransmissores pode acarretar diferentes problemas relacionados ao sistema nervoso e/ou à atividade muscular. A serotonina é um neurotransmissor que atua na propagação de impulsos nervosos relacionados, por exemplo, ao humor, ao sono e ao apetite.

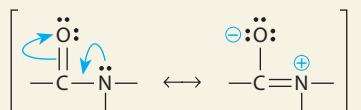
2. A serotonina tem caráter anfótero porque apresenta as classes funcionais amina (caráter básico) e fenol (caráter ácido).



3. Porque 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.



Para o docente, cabe aqui comentar que o grupo **amida** não é básico porque o par eletrônico não compartilhado do átomo de nitrogênio desse grupo está comprometido na ressonância com o grupo carbonila ($\text{C}=\text{O}$),



e, por isso, não está disponível para ser protonado em meio aquoso como ocorre com o átomo de nitrogênio de aminas. O valor de K_b de amidas é geralmente inferior a 10^{-14} , ou seja, mais de um bilhão de vezes inferior ao da metilamina (H_3CNH_2), para a qual K_b tem valor numérico $4,6 \cdot 10^{-4}$. Assim, em meio aquoso, amidas não são protonadas e não atuam como base.

4. Para o desenvolvimento do vídeo, peça aos estudantes que entrevistem profissionais da área de saúde, como médicos e psicólogos. Espera-se que, por meio de pesquisas e dessas entrevistas, os estudantes 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 que podem conduzir a diversos sintomas.

Para tratar desse 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 sensível e responsável pela escola. A atenção do corpo docente a possíveis sinais que demonstrem a necessidade de encaminhamento adequado deve ser permanente e transcender uma ou outra área de conhecimento. Neste sentido, é fundamental que a interação com profissionais das áreas de psicologia e/ou psiquiatria faça parte das estratégias de acolhimento e encaminhamento adotadas pela unidade escolar como um todo.

De olho na BNCC

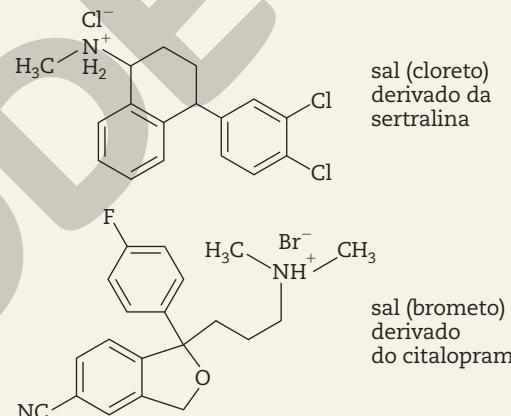
- EM13CNT207

• Competência geral 8

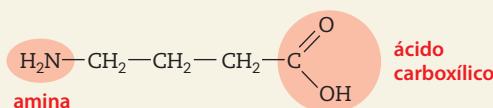
O Em destaque possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT207** da BNCC, pois permite identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção de promoção da saúde e do bem-estar. Nesse sentido, a atividade também está relacionada ao desenvolvimento da **Competência geral 8**, na medida em que possibilita aos estudantes cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros.

Aplicando conhecimentos

- 6** Após a interpretação do texto, espera-se que os estudantes prevejam as seguintes fórmulas:

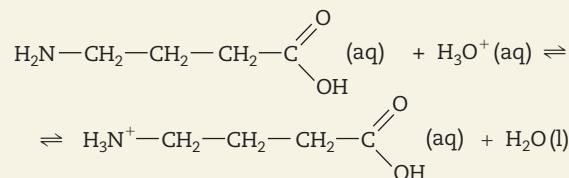


- 7 a)

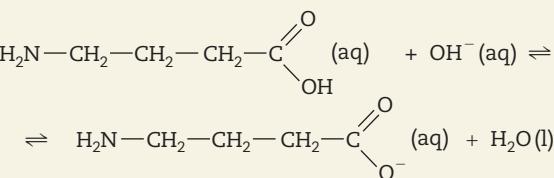


- b) Porque o grupo amina confere caráter básico e o grupo carboxila confere caráter ácido à substância.

- c)



- dy



- 8 Sim, a resina escolhida possibilitará a substituição pretendida, pois a presença de íons cloreto, Cl^- , na solução deslocará o equilíbrio no sentido de formar produtos, o que resulta na substituição, na solução, dos íons Cl^- (aq) por íons Br^- (aq).
- 9 Para que os fármacos estejam na forma molecular (não ionizada), garantindo absorção adequada, os dois equilíbrios apresentados devem ser des-

locados no sentido dos reagentes. No primeiro equilíbrio, isso ocorre em meio ácido (elevada concentração de H_3O^+) e, portanto, esse fármaco será mais bem absorvido no estômago. Para o segundo equilíbrio, isso ocorre em meio básico (elevada concentração de OH^-) e, consequentemente, esse fármaco será mais bem absorvido no intestino delgado.

CAPÍTULO 11 Reprodução humana

Metas do capítulo

- Conhecer os principais órgãos que compõem o sistema genital feminino.
- Conhecer os principais órgãos que compõem o sistema genital masculino.
- Compreender as contribuições do gameta feminino e do gameta masculino no processo de fecundação.
- Aplicar os conhecimentos sobre sistema genital e reprodução para decidir e controlar sua própria reprodução, compreendendo os fundamentos dos diversos métodos contraceptivos.

Sugestões didáticas e comentários

A **abertura do capítulo** traz o tema da reprodução assistida, relembrando a história do primeiro “bebê de proveta” da história, gerado pela técnica de fertilização *in vitro*. Afira os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto, questionando-os sobre os tipos de células envolvidas na fecundação, ou fertilização, da espécie humana. Aproveite para conversar sobre os conceitos de fecundação externa e fecundação interna, relembrando em quais grupos de animais e em que ambiente esses tipos de fecundação ocorrem. Se julgar interessante, discuta com os estudantes quais teriam sido as vantagens evolutivas da fecundação interna, que permitiu a conquista do ambiente terrestre.

Se dispuiser de tempo e recursos de mídia, apresente para os estudantes o artigo disponível em <<https://noticias.uol.com.br/saudade/album/2013/05/09/veja-passo-a-passo-como-e-um-tratamento-de-fertilizacao-in-vitro.htm?mode=list&foto=21>> (acesso em: 5 jun. 2020), mostrando o passo a passo do processo de fertilização *in vitro*.

O texto de abertura também aborda o tema da criopreservação de óvulos. A reportagem disponível em <<https://saude.abril.com.br/medicina/como-e-feito-o-congelamento-de-ovulos/#:~:text=O%20congelamento,evitar%20a%20forma%C3%A7%C3%A3o%20de%20cristais>> (acesso em: 5 jun. 2020) traz o detalhamento do processo. Apresente aos estudantes, se julgar conveniente.

Neste capítulo são estudados os sistemas genitais feminino e masculino e o controle hormonal da reprodução. Além de debater o tema de reprodução assistida, que abrange tecnologias para pessoas que desejam ter filhos e por alguma razão não conseguem engravidar, também são apresentados mecanismos de contracepção que evitam uma gravidez indesejada. No final do capítulo, neste Suplemento, há uma sugestão de debate sobre sexualidade humana, assunto de grande importância na fase da vida dos jovens estudantes. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia.

Atividade em grupo

A **Atividade em grupo** propõe um aprofundamento no tema das técnicas de reprodução assistida. Estimule e acompanhe as pesquisas dos estudantes, eventualmente abrindo espaço em suas aulas para que os textos produzidos por eles sejam lidos e discutidos em classe. A investigação sobre o panorama do uso de técnicas de reprodução assistida no Brasil e no mundo estimula o desenvolvimento da **competência geral 2**, que versa sobre a reflexão, a análise crítica e a abordagem própria das ciências. Além disso, o levantamento dessas estatísticas e a avaliação das probabilidades de sucesso das técnicas de reprodução assistida contribuem com a habilidade **EM13CNT205**.

De olho na BNCC

- EM13CNT205**
- Competência geral 2**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205**, na medida em que os estudantes são estimulados a conhecer as probabilidades de sucesso das técnicas de reprodução assistida. Favorece também a **competência geral 2**, ao promover a curiosidade intelectual para investigar as técnicas de reprodução assistida e sua utilização no Brasil e no mundo.

1. Sistema genital feminino

Um equívoco cometido por boa parte das pessoas é generalizar todas as estruturas externas do sistema genital feminino chamando-as de “vagina”. Chame a atenção dos estudantes sobre o fato de que a vagina é somente o canal que conecta a vulva, parte externa do sistema genital, com o útero.

Se julgar conveniente, promova um debate questionando os estudantes sobre qual foi o primeiro nome que aprenderam para vulva ou pênis quando crianças. São comuns apelidos que refletem certas dificuldades com relação ao tema “sexo”. Conduza uma discussão sobre a necessidade de encarar a sexualidade com naturalidade, por ser parte integrante e importante de nossa vida.

2. Sistema genital masculino

Dialogando com o texto

Estimule e acompanhe as pesquisas dos estudantes sugeridas nesta atividade, em que é abordada a relação entre a sexualidade e a reprodução. O debate sobre a sexualidade humana, um tema polêmico, de relevância social, promove o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT207** e **EM13LGG303**. Além disso, a comunicação dos resultados de pesquisas para embasar o debate ajuda a promover a habilidade **EM13CNT302**. As pesquisas dos estudantes podem servir de base para um debate mais amplo, como o sugerido mais adiante neste capítulo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **EM13LGG303**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT207**, na medida em que os estudantes são estimulados a avaliar e debater sobre a sexualidade na espécie humana considerando as dimensões física, psicoemocional e social, relacionando o conhecimento desse tema com a promoção da saúde e do bem-estar pessoais; **EM13CNT302**, ao estimular a comunicação do resultado das pesquisas relativas ao tema sexualidade de modo a promover o debate sobre as funções do sexo, além da reprodução; e **EM13LGG303**, ao promover o debate de uma questão polêmica e de relevância social – a sexualidade humana – que oferece aos estudantes a possibilidade de apresentar seus argumentos e pontos de vista sobre um tema importante e controverso.

3. Hormônios relacionados à reprodução

Converse com os estudantes sobre o fato de a puberdade ocorrer normalmente entre os 8 e 13 anos de idade para as meninas, e entre 9 e 14 anos para os meninos. Há evidência, entretanto, de que o início da maturidade sexual está se antecipando, ou seja, a puberdade estaria se tornando mais precoce. Se houver tempo e interesse, trabalhe com o artigo do ginecologista Jairo Bauer, disponível em <<https://www.uol.com.br/vivabem/colunas/jairo-bauer/2020/06/08/puberdade-precoce-deve-ser-levada-a-serio.htm>> (acesso em: 8 jun. 2020).

Dialogando com texto

Esta atividade se propõe abordar o tema menstruação por meio de pesquisas e da elaboração de um texto. Acompanhe as pesquisas dos estudantes. Considere a possibilidade de que os textos produzidos pelos estudantes possam ser lidos e discutidos em classe.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **EM13LGG303**
- **Competência geral 8**
- **Competência geral 9**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT207**, na medida em que os estudantes são estimulados a tratar com naturalidade temas como a menstruação, o que permite desenvolver ações efetivas em prol da saúde e do bem-estar pessoais; **EM13CNT302**, ao estimular os estudantes a compartilhar seus textos com colegas de classe, de modo a promover um debate informativo e respeitoso sobre o que menstruação representa para as mulheres; e **EM13LGG303**, na medida em que estimula o debate sobre temas de relevância social, no caso, a menstruação, possibilitando a expressão de diferentes argumentos e opiniões. Favorece também a **competência geral 8**, na medida em que incentiva os estudantes a conhecer e cuidar de si mesmos, tanto no aspecto físico como no emocional. Além disso, proporciona aos rapazes a possibilidade de conhecer e refletir com respeito sobre como a menstruação afeta a vida das mulheres. A atividade também permite desenvolver a **competência geral 9** estimulando o exercício da empatia, do diálogo e do respeito a outras pessoas, acolhendo e valorizando sua diversidade.

4. Gravidez e parto

Converse com os estudantes para avaliar o que eles sabem sobre as diversas etapas da gravidez, desde a fecundação até o momento do parto. Questione-os sobre o papel da placenta e do cordão umbilical na nutrição do embrião. Se julgar conveniente, peça aos estudantes que pesquisem sobre o parto normal (ou vaginal) e o cirúrgico (cesariana).

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa D. O corpo-amarelo produz os hormônios progesterona e estrógeno, que atuam em conjunto no útero preparando-o para uma eventual gravidez; a elevação da taxa de progesterona no sangue inibe a produção de FSH e de LH pela hipófise.
- 2 Alternativa C. Quando a taxa sanguínea de estrógeno produzido pelo folículo ovariano atinge determinado nível, a adenoipófise é estimulada a liberar LH, que induz a ovulação e a formação do corpo-amarelo.
- 3 Alternativas A e E. O estrógeno é produzido principalmente pelas células do folículo ovariano em desenvolvimento e determina o aparecimento das características sexuais secundárias da mulher. A testosterona é produzida pelas células intersticiais dos testículos e é responsável pelo aparecimento das características sexuais secundárias masculinas.
- 4 Alternativa B. A placenta é um órgão materno-fetal, formado pelo desenvolvimento conjunto da parede uterina e das vilosidades coriônicas do embrião; por meio da placenta ocorrem as trocas de gases respiratórios (O_2 da mãe para o feto e CO_2 do feto para a mãe), e nutrientes, da mãe para o feto, e excreções, do feto para a mãe. Na placenta não ocorre, em condições normais, mistura entre os sangues materno e fetal.

Dialogando com o texto

A proposta desta atividade é conhecer casos famosos de gêmeos siameses, o que favorece uma reflexão de caráter humanitário, além de biológico, sobre o tema. Se possível, aproveite para explorar a integração entre Biologia e Língua Portuguesa. Converse com os professores dessa disciplina sobre a possibilidade de trabalhar com os estudantes o tema de gêmeos unidos, ou siameses, eventualmente pela leitura do romance *Os irmãos corsos*, de Alexandre Dumas, ou textos escritos sobre os gêmeos siameses Chang e Eng. Se julgar interessante, apresente a reportagem escrita e o vídeo sobre Chang e Eng disponíveis em <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-47436679>> (acesso em: 4 jun. 2020). As histórias, nesses dois casos, põem em evidência o fato de como mesmo gêmeos idênticos e conectados fisicamente podem apresentar personalidades bastante distintas, levando à reflexão de que traços complexos como nossa personalidade, por exemplo, são fruto da interação entre componentes genéticos e ambientais. Peça aos estudantes que opinem sobre o fato de os gêmeos Chang e Eng terem sido atração de circo por muitos anos, como forma de sustento.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **Competência geral 3**
- **Competência geral 9**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT207**, na medida que os estudantes discutem vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social; **EM13CNT302**, que trata da comunicação de resultados e pesquisas, ao estimular a elaboração de um texto a partir das pesquisas realizadas sobre o tema. A reflexão sobre o comportamento e os modos de vida dos irmãos siameses é uma oportunidade para o exercício da empatia, do respeito ao outro e do acolhimento e da valorização da diversidade, trabalhando a **competência geral 9** e a **competência geral 3**, que tratam da valorização das manifestações artísticas e culturais.

Atividade em grupo

A *Atividade em grupo* proposta neste item retoma o tópico de reprodução assistida, agora sob a perspectiva do congelamento de óvulos e embriões. A preparação dos estudantes para a atividade consiste de uma pesquisa sobre os aspectos científicos, éticos e socioeconômicos do congelamento de embriões excedentes que se formam nos processos de reprodução assistida. Se houver tempo e interesse, estimule e acompanhe as pesquisas dos estudantes. Ao estimular os estudantes a justificar as conclusões sob uma perspectiva científica, o debate proposto promove o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**. Além disso, o debate possibilita a expressão de diferentes pontos de vista, de preferência apoiados em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, promovendo assim as habilidades **EM13CNT302** e **EM13CNT304**.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT304**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, na medida em que os estudantes são estimulados a argumentar, seja a favor ou contra, sobre o congelamento de óvulos e embriões na reprodução assistida; a **EM13CNT302**, ao promover debates dos estudantes sobre o tema do congelamento com base em suas pesquisas e o incentivo à comunicação por meio de mídias digitais; e a habilidade **EM13CNT304**, ao estimular o conhecimento e o debate sobre a tecnologia de criopreservação de óvulos e embriões, tema controverso que envolve a aplicação de conhecimentos científicos, éticos e morais.

5. O controle da reprodução humana

Converse com os estudantes sobre a importância de conhecer os diferentes métodos contraceptivos, importantes aliados do planejamento familiar. Conforme a Lei Federal 9.263/96, “o planejamento familiar é direito de todo cidadão e se caracteriza pelo conjunto de ações de regulação da fecundidade que garanta direitos iguais de constituição, limitação ou aumento da prole pela mulher, pelo homem ou pelo casal”. Segundo a OMS, “a promoção do planejamento familiar – e a garantia do acesso a métodos contraceptivos preferidos para mulheres e casais – é essencial para garantir o bem-estar e a autonomia das mulheres, apoiando ao mesmo tempo a saúde e o desenvolvimento das comunidades”. Além disso, reduz a ocorrência de aborto inseguro, prática ainda muito comum. Para mais informações sobre o assunto, consulte <<https://portaldeboaspraticas.iff.fiocruz.br/biblioteca/planejamento-familiar-um-manual-global-oms/>> (acesso em: 8 jun. 2020).

Comente com os estudantes que a camisinha, além de constituir um eficiente método contraceptivo, também atua na prevenção de infecções sexualmente transmissíveis (ISTs). O reforço às orientações quanto ao uso de métodos contraceptivos, em especial da camisinha, contribui para a **competência geral 8**, relativa ao autocuidado da saúde física e emocional.

Se houver tempo e interesse, promova um debate em classe sobre a sexualidade humana. Podem ser escolhidos um ou dois mediadores e um número variado de debatedores, de preferência com pontos de vista não alinhados, o que, diga-se de passagem, não será difícil quando se trata de assuntos tão polêmicos quanto a sexualidade e a reprodução humanas. É importante que os debatedores saibam de antemão os temas que serão debatidos e as regras do debate (tempo de explanação, tempo de resposta etc.). Sugerimos que o professor seja um dos mediadores ou um dos debatedores. Entre os temas de debate, que seriam enviados previamente aos participantes, poderiam constar: a) Crianças e adolescentes devem receber orientações sobre sexualidade na escola ou essa questão deve ser tarefa apenas dos pais ou da própria pessoa?

b) A sexualidade deve estar necessariamente atrelada à reprodução? c) É aceitável utilizar métodos artificiais para evitar engravidar, ou apenas métodos ditos “naturais” seriam válidos? d) É aceitável clonar seres humanos? e) É aceitável que o aborto provocado seja utilizado para interromper gravidezes indesejadas? f) Os apelos, as manifestações e as propagandas sobre sexualidade e erotismo devem ser explorados pelos meios de comunicação ou deveriam ser regulados pelos poderes públicos? g) É válido reconhecer diferentes formas de orientação sexual e incluir em direitos e documentos o gênero autodeclarado pela pessoa? No debate é fundamental o respeito aos diferentes pontos

de vista, de preferência embasados em argumentos claros, lógicos e referenciados. Os debates podem ser enriquecidos com infográficos contendo dados numéricos e gráficos, entre outras informações.

Aplicando conhecimentos

- 5 Alternativa D. Os dois hormônios presentes na pílula anticoncepcional inibem a secreção de FSH e LH pela adenoipófise, impedindo a ovulação.
- 6 Alternativa A. O preservativo é o único método contraceptivo de barreira, protegendo também contra infecções sexualmente transmissíveis.

CAPÍTULO 12

Sustentabilidade ambiental

Metas do capítulo

- Discutir os princípios da sustentabilidade ambiental e sua aplicação em diversos aspectos do relacionamento entre a humanidade e o ambiente.
- Conhecer as principais formas de poluição ambiental – do ar, da água e do solo – e discutir maneiras de minimizar seus efeitos sobre o ambiente natural.
- Estar consciente de que as interferências humanas (antrópicas) em comunidades naturais, como desmatamentos, introdução e extinção de espécies etc., podem causar desequilíbrios ecológicos.
- Aplicar conhecimentos de Ecologia na discussão de maneiras de evitar ou minimizar os efeitos prejudiciais das interferências humanas no ambiente natural.
- Conhecer e compreender os principais problemas decorrentes da exploração dos recursos naturais e do desenvolvimento tecnológico – poluição, desequilíbrios ecológicos etc. – e as alternativas que podem minimizá-los, contribuindo para melhorar a qualidade de vida desta e das futuras gerações.

Sugestões didáticas e comentários

Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. A abertura do capítulo busca levar os estudantes a refletir sobre o tema das mudanças climáticas. Provavelmente muitos estudantes já conhecem algo sobre o assunto, bastante abordado pela mídia nos últimos anos. Pergunte a opinião dos estudantes sobre a possibilidade de estar ocorrendo um fenômeno de aquecimento global. A ideia de que realmente está ocorrendo aquecimento da atmosfera terrestre tem sido corroborada pelo aumento das temperaturas médias anuais, como mencionado no início do texto. O artigo disponível em <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-49319190>> (acesso em: 6 jun. 2020) traz dados explicando a relação do aquecimento global com invernos rigorosos.

De olho na BNCC

• EM13CHS302

Esse capítulo possibilita o desenvolvimento da habilidade da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas **EM13CHS302**, na medida em que os estudantes terão a oportunidade de conhecer e avaliar impactos econômicos e socioambientais da exploração de recursos naturais.

1. O conceito de sustentabilidade ambiental

O destaque deste item é o conceito de **sustentabilidade ambiental**. Sugerimos realizar as atividades e discutir com os estudantes os princípios para uma sociedade sustentável. Esse tema, com

certeza, estará cada vez mais presente nas discussões econômicas e ambientais e na vida de todos os cidadãos. Estimule seus estudantes a acompanhar o assunto nos meios de comunicação, de fácil acesso nos dias de hoje. É importante enfatizar aos jovens que a sustentabilidade ambiental busca prover recursos para as gerações futuras.

Atividade em grupo

A atividade sugere aos estudantes uma pesquisa e a elaboração de um texto sobre sustentabilidade ambiental. Uma possibilidade de ampliar a discussão sobre o tema é organizar um debate em classe no estilo de painel, como os que ocorrem em encontros mundiais, com uma mesa debatedora formada por estudantes. Sugira que alguns deles assumam o papel dos que não acreditam em mudança climática global causada pela ação humana e pesquisem argumentos a favor dessa ideia. Conduza e coordene os trabalhos da mesa, distribuindo o tempo para as falas de cada debatedor.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **Competência geral 2**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT207**, na medida em que os estudantes são desafiados a conhecer e analisar os efeitos que a poluição e os desequilíbrios ecológicos trazem aos jovens de hoje, herdeiros de maus-tratos ao ambiente perpetrados por gerações anteriores; e **EM13CNT302**, ao estimular a comunicação do resultado de pesquisas por meio de um texto, favorecendo assim um debate sobre esse tema de grande relevância. Favorece também a **competência geral 2**, ao objetivar o desenvolvimento da curiosidade intelectual e do pensamento crítico na aplicação dos princípios da sustentabilidade ambiental.

2. Poluição e desequilíbrios ambientais

Este item trata da poluição ambiental e dos desequilíbrios ambientais, como a intensificação do efeito estufa e outras alterações prejudiciais aos ecossistemas naturais.

De olho na BNCC

- **EM13CNT104**

Esse item possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**, na medida em que os estudantes são estimulados a conhecer e avaliar potenciais prejuízos causados pelos poluentes à saúde e ao ambiente, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para minimizar a geração de poluentes.

Se houver tempo e interesse, explore com os estudantes informações importantes sobre a camada de ozônio, por meio da leitura do texto que apresentamos a seguir.

O “cinturão” de ozônio que envolve a Terra

Uma consequência da alta concentração de O₂ na atmosfera terrestre foi a formação de uma camada de gás ozônio (O₃) entre 12 e 50 quilômetros de altitude. O ozônio origina-se do próprio gás oxigênio (O₂). Quando uma forma de radiação ultravioleta (UV) proveniente do Sol (a radiação ultravioleta curta) atinge a atmosfera rica em O₂, sua energia causa a ruptura de certa quantidade de moléculas desse gás, com liberação de átomos de oxigênio isolados e altamente reativos (O, ou oxigênio atômico). Parte desse O atômico une-se a dois para formar novamente O₂ e parte reage com moléculas de O₂, formando gás ozônio (O₃). A reação necessita de um terceiro participante, genericamente denominado “terceiro corpo” (T), que permite liberar a energia da reação na forma de calor. Esse papel é desempenhado principalmente por moléculas de N₂, abundantes na atmosfera. Parte do O₃ formado se decompõe em decorrência da radiação UV, gerando componentes reativos que podem originar tanto O₂ como O₃. Assim, a camada de ozônio se mantém em equilíbrio dinâmico.

A camada de ozônio bloqueia a passagem da maior parte da radiação ultravioleta (UV) proveniente do Sol, prejudicial aos seres vivos. Antes do surgimento da camada de ozônio a vida no planeta era restrita aos ambientes de lagos e mares, onde a penetração do UV é menor. Acredita-se que a filtração da radiação ultravioleta pela camada de ozônio tenha proporcionado aos seres vivos a possibilidade de colonizar ambientes de terra firme, expostos à luz solar.

Dados obtidos por satélites mostraram que ao longo da década de 1980 houve uma diminuição de mais de 50% da camada de ozônio na região localizada sobre o continente antártico, no polo sul. Em certas épocas do ano, a camada de ozônio torna-se anormalmente fina e rarefeita nesses locais, filtrando menos a radiação ultravioleta e aumentando os riscos para os seres vivos que habitam locais sob esse “buraco” na camada de ozônio. A principal causa da destruição da camada de ozônio é a liberação na atmosfera de gases do grupo dos clorofluorcarbonetos, abreviadamente chamados de CFCs. Esses gases são produzidos em laboratórios e indústrias e utilizados como propelente em frascos de aerossóis e em compressores de geladeiras, além de serem também liberados durante a fabricação de certos tipos de plástico de embalagens. Os CFCs acumulam-se nas altas camadas da atmosfera, onde o cloro de suas moléculas reage com moléculas de ozônio, destruindo-as. Os alertas de cientistas e ambientalistas levaram os governos a proibir a liberação industrial de uma lista de substâncias capazes de prejudicar a camada estratosférica de ozônio, entre elas os CFCs. Relatórios da Agência Espacial Americana, a Nasa, afirmam que o problema está controlado.

Fonte: texto elaborado pelos autores.

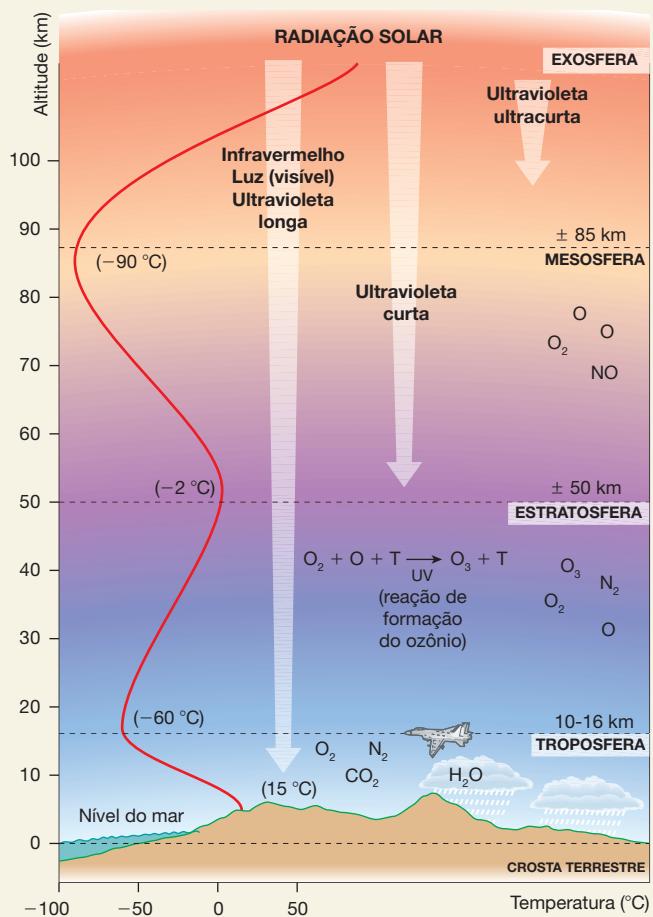


Gráfico da constituição básica da atmosfera terrestre.

Na curva representada em vermelho é possível observar que a temperatura atmosférica varia de acordo com a altitude, o que leva à sua classificação em faixas: troposfera, estratosfera, mesosfera e exosfera. A formação de ozônio, que libera calor, é responsável pelo aumento de temperatura na estratosfera. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: gráfico adaptado de MOZETO, A. A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. Cadernos temáticos de Química Nova na Escola. Disponível em: <<http://qnesc.sqb.org.br/online/cadernos/01/atmosfera.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2020.

Dialogando com o texto

A atividade propõe que os estudantes façam uma pesquisa sobre a camada de ozônio que envolve a Terra. Se houver possibilidade, organize uma apresentação em classe dos textos e infográficos produzidos pelos estudantes. Textos curtos e infográficos podem ser exibidos no mural da escola ou divulgados por mídias digitais, para que a comunidade escolar tenha acesso a informações sobre a camada de ozônio que protege nosso planeta.

De olho na BNCC

- EM13CNT206 • EM13CNT302 • EM13CNT303

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT206**, na medida em que os estudantes são estimulados a conhecer e avaliar os efeitos dos gases CFC para a camada de ozônio e a identificar políticas ambientais que protejam essa camada, em prol da sustentabilidade do planeta; **EM13CNT303**, ao orientar pesquisas em fontes confiáveis e a interpretar textos e dados disponíveis em gráficos e tabelas; e **EM13CNT302**, ao sugerir a confecção de infográficos para a comunicação dos resultados de sua pesquisa.

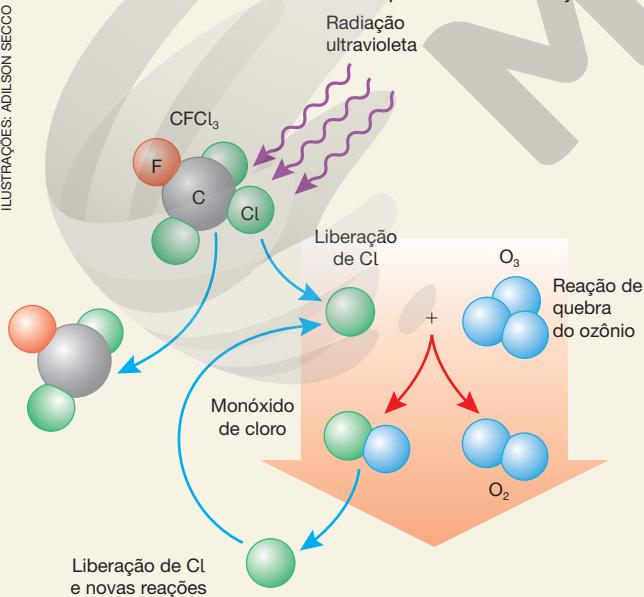
Estimule os estudantes a trocar experiências ou informações sobre o tema. Um assunto importante a ser explorado é o fenômeno da inversão térmica. Desafie os estudantes a analisar detalhadamente a ilustração explicativa (figura 3).

Converse com os professores de Química, Física, História e Geografia sobre a possibilidade de os estudantes realizarem uma atividade multidisciplinar sobre o acidente nuclear ocorrido em 1986 em Chernobyl, na antiga União Soviética. Há vários enfoques a considerar, entre eles: o tipo de reator utilizado e o que ocorreu, do ponto de vista da Física e da Química; os efeitos da radiação sobre os seres vivos sob o enfoque biológico; e o que significou, do ponto de vista social e humano, a tragédia ocorrida. Será que o acidente poderia ter sido evitado ou o risco alto é inerente ao sistema energético nuclear?

Comente com os estudantes que o efeito estufa, em si, é fundamental para a existência da vida na Terra, por manter as temperaturas na superfície do planeta compatíveis com a vida. Se houver tempo e interesse, sugira a eles que conversem com os professores da disciplina de Física sobre o tema e peçam orientações para pesquisar sobre a alta intensidade do efeito estufa em Vênus e a baixa intensidade em Marte.

Se julgar interessante, comente com os estudantes que, além de separar os resíduos recicláveis, é possível fazer a compostagem dos resíduos orgânicos em sistemas simples feitos com caixas ou recipientes grandes de plástico até mesmo dentro de apartamentos. A reportagem disponível em <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2018/08/como-fazer-uma-composteira-domestica.html>> (acesso em: 6 jun. 2020), mostra como isso pode ser feito.

A avaliação dos potenciais prejuízos relacionados ao descarte incorreto de materiais e a apresentação de soluções individuais e coletivas para a destinação dos resíduos domésticos propiciam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**.



Representação esquemática da degradação do ozônio.
(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Atividade em grupo

A atividade propõe que os estudantes realizem uma pesquisa sobre o problema do lixo urbano e as possibilidade de sua reciclagem. A pesquisa servirá de base para a elaboração de um infográfico, em tamanho grande, sobre problemas e soluções envolvendo o lixo urbano. Estimule os estudantes a refletir sobre o problema e participar, na medida do possível, da implantação na escola (se ainda não houver) de um sistema de recipientes para o descarte seletivo do lixo, utilizando cores e símbolos já padronizados para os diferentes tipos de lixo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT203**
- **EM13CNT206**
- **EM13CNT302**
- **EM13CHS301**
- **Competência geral 6**
- **Competência geral 7**

Esta atividade possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT203**, na medida em que os estudantes são estimulados a avaliar os efeitos do descarte inadequado de resíduos em ecossistemas naturais, nos diversos tipos de seres vivos e no organismo humano; **EM13CNT206**, ao estimular os estudantes a conhecer e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas de descarte de resíduos sob o ponto de vista da sustentabilidade do planeta; **EM13CNT302**, ao estimular a comunicação dos resultados da pesquisa na forma de infográficos disponibilizando-os no mural da escola ou por meio de mídias digitais, de modo a promover a divulgação científica e o debate em torno do tema de descarte de resíduos; e **EM13CHS301**, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, ao questionar os estudantes sobre hábitos e práticas, individuais e coletivas, de produção e descarte de resíduos, além de estimular a elaboração de propostas de reciclagem de resíduos no ambiente escolar, promovendo ações em prol da sustentabilidade socioambiental.

Favorece também a **competência geral 6**, na medida em que, ao pesquisar sobre problemas do lixo urbano, os estudantes têm possibilidade de entrar em contato com catadores de lixo e cooperativas de reciclagem, observando relações do mundo do trabalho e valorizando a diversidade de saberes e vivências.

A atividade também mobiliza a **competência geral 7**, estimulando os estudantes a defender ideias e a fazer escolhas com consciência socioambiental e responsabilidade em relação ao cuidado de si mesmo e do planeta.

A introdução do coelho europeu (*Oryctolagus cuniculus*) e do figo-da-índia (*Opuntia inermis*) na Austrália são dois exemplos de como espécies exóticas introduzidas em um ecossistema equilibrado podem provocar desequilíbrios ecológicos. Peça aos estudantes que formem grupos para repartir as pesquisas em livros e na internet sobre os dois casos. Oriente-os a pesquisar o que representou para a Austrália a introdução de espécies aparentemente inofensivas, como o coelho, e de que maneira o problema foi controlado. Se houver tempo e interesse, conclua a atividade com uma apresentação em classe dos resultados das pesquisas, de preferência acompanhado de tabelas, ilustrações ou infográficos. A atividade também pode ser

ampliada pela pesquisa de espécies recentemente extintas, como o pássaro dodô, nas ilhas Maurício, no Oceano Índico, e a ararinha-azul, no Nordeste do Brasil. A interpretação de textos de divulgação científica que tratam de temáticas ecológicas, como a introdução de espécies exóticas e a extinção de espécies nativas, obtidos em fontes confiáveis de informação, colabora para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**.

Aplicando conhecimentos

- 1 Alternativa D. O efeito estufa resulta principalmente da presença na atmosfera de vapor de água, gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e dióxido de nitrogênio (NO_2). Tanto o gás carbônico quanto o dióxido de nitrogênio são liberados pela queima de combustíveis fósseis.
- 2 Alternativa C. Os CFCs (cloro-fluor-carbonos) são gases sintéticos que se acumulam nas altas camadas da atmosfera, onde o cloro de suas moléculas reage com moléculas de ozônio, quebrando-as.
- 3 Alternativa A. A chuva ácida é consequência da reação do dióxido de enxofre e dos óxidos de nitrogênio com o vapor de água presente na atmosfera, que gera ácido sulfúrico e ácido nítrico.

3. Alternativas para o futuro

É importante que a constatação da complexidade e extensão dos problemas ambientais não desanime os estudantes. Por isso é preciso, além de conhecer os problemas, manter o foco na busca de soluções para resolver os problemas ambientais de causa antrópica. A procura por alternativas energéticas é importante e costuma motivar os estudantes. Estimule pesquisas voltadas para a obtenção de dados e para construir tabelas e gráficos sobre as mudanças da matriz energética que se têm desenhado no mundo nas últimas décadas. É interessante, também, conversar com os estudantes sobre os avanços dos movimentos ambientalistas apresentados no texto. Se houver tempo e interesse, sugira aos estudantes que ampliem ou detalhem os dados apresentados sobre o movimento ambientalista nas últimas décadas.

O estudo das fontes de energia para as atividades humanas pode ser objeto de uma atividade conjunta entre Física, Química e Biologia. Tente combinar com seus colegas dessas disciplinas a melhor maneira de integrar os trabalhos. O resultado poderia ser, por exemplo, uma mesa-redonda como as dos fóruns mundiais, tendo os estudantes como debatedores e os professores como mediadores.

De olho na BNCC

- **EM13CNT309**

Nesse item os estudantes têm oportunidade de conhecer questões relacionadas à dependência da humanidade pelos combustíveis fósseis e discutir alternativas energéticas, o que contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**.

CAPÍTULO 1.

Relações ecológicas

- 1** a) Comensalismo – II. Quando vivem no mesmo ambiente, a espécie B é beneficiada e sua população aumenta, enquanto a espécie A não é afetada.
 b) Predação – I. Quando as espécies são colocadas juntas, o tamanho da população de presas diminui (espécie A), enquanto o tamanho da população de predadores (espécie B) tende a aumentar.
 c) Competição – IV. Quando as duas espécies vivem no mesmo ambiente, elas competem pelos mesmos recursos, o que pode levar ao declínio de ambas as espécies.
 d) Protocolo de cooperação – III. Quando as duas espécies vivem no mesmo ambiente, há um aumento nas populações de A e de B, pois a relação é benéfica para ambas.
- 2** A relação entre plantas e agentes polinizadores pode ser considerada uma relação de mutualismo, já que ambos se beneficiam dela. Se julgar pertinente, converse com os estudantes que as especializações na interação entre a planta e o agente polinizador são resultado de uma coevolução entre esses organismos.
- 3** a) A energia química será menor no nível trófico mais elevado, nesse caso ocupado por *Pisaster ochraceus*. Isso porque ao longo da cadeia alimentar a energia é perdida de um nível trófico para outro.
 b) Em um primeiro momento, a retirada de *Pisaster ochraceus* ocasionará um aumento populacional das demais espécies, com exceção dos produtores. Posteriormente, porém, haverá redução na quantidade de produtores da região em razão do aumento dos consumidores e espera-se que o número de espécies consumidoras diminua ao longo dos anos, como observado no gráfico.
- A atividade possibilita desenvolver a habilidade EM13CNT203, por requerer que os estudantes façam previsões sobre os efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos.
- 4** Apenas a alternativa I está correta. Metais pesados podem acumular-se nos organismos ao longo de uma cadeia alimentar. Ao trabalhar com essa atividade, discuta com a turma por que as demais alternativas estão incorretas.

CAPÍTULO 2.

Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico

- 1** Alternativa B.

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})]}{[\text{CO}(\text{g})] \cdot [\text{H}_2(\text{g})]^2}$$

$$14,5 = \frac{0,145}{1 \cdot [\text{H}_2(\text{g})]^2}$$

$$[\text{H}_2(\text{g})] = 0,1 \text{ mol/L}$$

- 2** Alternativa C.

A expressão da constante de equilíbrio é:

$$K_C = \frac{[\text{I}_2(\text{em CCl}_4)]_{\text{no eq.}}}{[\text{I}_2(\text{em água})]_{\text{no eq.}}}$$

A igualdade da expressão matemática da constante de equilíbrio vigora quando existe equilíbrio químico. No caso do sistema descrito, temos:

$$\frac{[\text{I}_2(\text{em CCl}_4)]_{\text{inicial}}}{[\text{I}_2(\text{em água})]_{\text{inicial}}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}}{0,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}} = 10$$

Como esse valor é diferente de K_C (que vale 100), concluímos que o sistema não está em equilíbrio e que haverá passagem de iodo (I_2) da fase aquosa para a fase de CCl_4 até que o quociente das concentrações se iguale a 100. No instante em que isso ocorrer, passará a existir equilíbrio dinâmico entre I_2 (em água) e I_2 (em CCl_4).

- 3** Alternativa C.

Se $K_C = 0,5$, 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. Portanto, o grau de conversão do reagente em produto, quando a reação atinge o equilíbrio, é de um terço ou, aproximadamente, 33%.

- 4** Alternativa D.

A diminuição da pressão parcial do gás oxigênio, O_2 (isto é, da parte da pressão atmosférica total que se deve ao O_2), ocasiona a diminuição da sua concentração no sangue arterial, deslocando o equilíbrio no sentido de formação de reagentes, consumindo, assim, a hemoglobina oxigenada, $\text{HbO}_2(\text{aq})$.

- 5** Alternativa B.

O sistema que não tem o equilíbrio deslocado por alteração da pressão é aquele em que as somas dos coeficientes estequiométricos de reagentes e de produtos em fase gasosa são iguais. Das opções apresentadas, isso ocorre apenas na alternativa B.

- 6** Alternativa D.

O aumento da pressão (alternativa D) desloca o equilíbrio mencionado 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 acarreta 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.

- 7** 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 .

CAPÍTULO 3.

Primeira lei da Termodinâmica

1 Alternativa E.

Podemos considerar que os recipientes não sofrem alteração de volume, pois são indeformáveis. Ao receberem quantidades iguais de calor, os dois gases sofrem a mesma variação de energia interna. Entretanto, inicialmente, como as massas (e, portanto, a quantidade em mols) eram diferentes, eles apresentavam energias internas diferentes ($U_1 \neq U_2$), embora estivessem à mesma temperatura T . Por conseguinte, com um mesmo acréscimo de energia, eles vão apresentar energias internas finais diferentes, ou seja: $U'_1 \neq U'_2$.

2 Vamos analisar cada uma das proposições.

01. A proposição está correta. Ao acionar a alavanca, a quantidade de ar e a temperatura do ar no tanque aumentam, e, como $U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$, podemos concluir que a energia interna U do ar aumenta.

02. A proposição está errada. Como o volume do recipiente é constante, quanto maior a quantidade de ar em seu interior, maior será a pressão.

04. A proposição está correta, pois $U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$.

08. A proposição está correta. Pela equação de Clapeyron, temos:

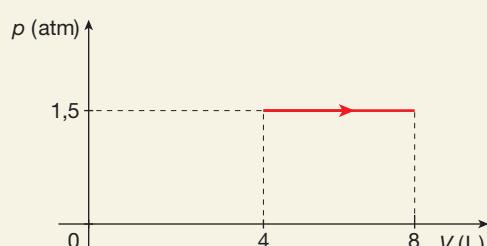
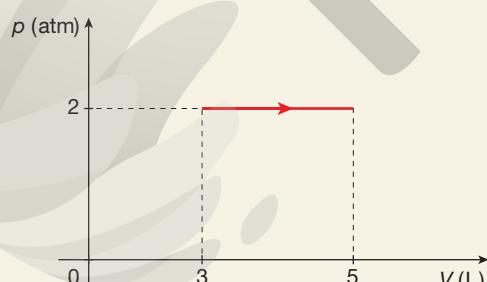
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow p \cdot 5 = 0,8 \cdot 0,082 \cdot 300 \\ \therefore p = 3,94 \text{ atm} \Rightarrow p = 394 \text{ kN/m}^2$$

16. A proposição está errada. A relação fornecida somente poderia ser aplicada se a quantidade de gás nos dois estados fosse a mesma.

32. A proposição está correta. A função da alavanca é bombear ar para dentro do tanque e aumentar a pressão.

A soma das proposições corretas é, portanto: $01 + 04 + 08 + 32 = 45$.

3 Representemos cada transformação em um diagrama de Clapeyron:



a) O trabalho, em cada transformação, pode ser calculado pela área sob a curva.

Para a primeira transformação:

$$\bar{z}_1 = 2 \cdot (5 - 3) \therefore \bar{z}_1 = 4 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

E, para a segunda transformação:

$$\bar{z}_2 = 1,5 \cdot (8 - 4) \therefore \bar{z}_2 = 6 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

b) A energia interna U do gás monoatômico é calculada por: $U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$

Se utilizarmos a equação de Clapeyron, $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$, podemos escrever que: $U = \frac{3}{2} \cdot p \cdot V$. Então: $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot (p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)$

Para a primeira transformação:

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} \cdot (2 \cdot 5 - 2 \cdot 3) \therefore \Delta U_1 = 6 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

E, para a segunda transformação:

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \cdot (1,5 \cdot 8 - 1,5 \cdot 4) \therefore \Delta U_2 = 9 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

c) A quantidade de calor Q será obtida a partir da primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \bar{z}$.

Para a primeira transformação: $6 = Q_1 - 4$

$$\therefore Q_1 = 10 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

E, para a segunda transformação: $9 = Q_2 - 4$

$$\therefore Q_2 = 13 \text{ atm} \cdot \text{L}$$

4 Alternativa E.

Do enunciado, consideraremos que o trabalho total realizado é igual à quantidade de calor absorvida pela água. Assim:

$$n \cdot \bar{z} = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow n \cdot 0,21 = 100 \cdot 4,2 \cdot 1,0$$

$$\therefore n = 2.000 \text{ voltas.}$$

5 Alternativa A.

Em uma transformação adiabática não há troca de calor entre o sistema e o ambiente.

Em uma compressão adiabática, o gás é comprimido e, por isso, é realizado um trabalho sobre ele. Logo, o trabalho recebe sinal negativo, -80 J .

A variação de energia é, então, calculada da seguinte forma:

$$\Delta U = Q - \bar{z} \Rightarrow \Delta U = 0 - (-80)$$

$$\therefore \Delta U = 80 \text{ J}$$

Portanto, como não há transferência de calor, a variação de energia interna é de 80 J .

6 Alternativa C.

A variação de energia interna ΔU de um gás ideal, num processo termodinâmico, é dada pela diferença entre a quantidade de calor Q trocada com o meio e o trabalho \bar{z} envolvido no processo.

7 Alternativa E.

Vamos analisar as alternativas.

a) **Incórrreta.** A energia interna de uma dada massa de gás ideal é função exclusiva de sua temperatura absoluta (lei de Joule).

b) **Incórrreta.** Pela primeira lei da Termodinâmica, temos:

$$\Delta U = Q - \bar{z} \Rightarrow \Delta U = 48 - 16 \therefore \Delta U = 32 \text{ J}$$

c) **Incórrreta.** O trabalho em uma transformação gasosa depende do “caminho” da transformação. Lembre-se de que, no diagrama $p \times V$, o trabalho, em módulo, é numericamente igual à área sob a curva.

- d) **Incórrreta.** Parte do calor recebido pelo sistema pode provocar variação da energia interna.
 e) **Correta.** Durante uma transformação cíclica, o estado final do sistema é igual ao estado inicial. Logo, a variação de energia interna é nula.

8 Alternativa E.

Da primeira lei da Termodinâmica, temos: $\Delta U = Q - \zeta$. Nesse caso, o calor absorvido é considerado positivo, enquanto o trabalho realizado é considerado positivo e o trabalho recebido, negativo.

$$\Delta U = (+6) - (+8) \therefore \Delta U = -2 \text{ J}$$

Na fórmula apresentada no enunciado, o sinal para cada uma dessas situações foi invertido. Portanto, para que o valor da variação de energia obtido por meio da equação apresentada no enunciado seja igual ao valor obtido por meio da equação tradicional, o calor recebido deve ser considerado negativo. Assim:

$$\Delta E = -(Q + \zeta) \Rightarrow \Delta E = -(-6 + 8)$$

$$\therefore \Delta E = -2 \text{ J}$$

9 Alternativa E.

Considerando a primeira lei da Termodinâmica, temos:

$$\Delta U = Q - \zeta \Rightarrow \Delta U = 60 - 80$$

$$\therefore \Delta U = -20 \text{ kcal}$$

CAPÍTULO 4.

Segunda lei da Termodinâmica

1 Alternativa A.

$$Q_1 = \zeta + Q_2 \Rightarrow Q_1 = 800 + 3.200 \therefore Q_1 = 4.000 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{\zeta}{Q_1} = \frac{800 \text{ J}}{4.000 \text{ J}} = 0,2 = \frac{1}{5}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{1}{5} = 1 - \frac{300 \text{ K}}{T_1} \Rightarrow \frac{300 \text{ K}}{T_1} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 = 375 \text{ K}$$

2 Alternativa C.

O rendimento de M_1 é 100% e o de M_2 é 60%. Assim, a única das três máquinas que apresenta rendimento menor que 50% é a máquina M_3 , cujo rendimento é 40%.

3 Alternativa B.

Maior eficiência significa melhor aproveitamento da energia primária (combustão), isto é, maior rendimento. Esse aproveitamento está limitado pela segunda lei, ou segundo princípio, da Termodinâmica.

4 a) rendimento máximo teórico:

$$\eta_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_{\text{mín}}}{T_{\text{máx}}} \Rightarrow \eta_{\text{máx}} = 1 - \frac{300 \text{ K}}{1.500 \text{ K}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \eta_{\text{máx}} = 0,8$$

rendimento do gerador da usina:

$$\eta_{\text{gerador}} = \frac{1}{2} \cdot \eta_{\text{máx}} \Rightarrow \eta_{\text{gerador}} = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{gerador}} = 0,4$$

quantidade total de calor obtida por hora:

$$Q_{\text{T/h}} = 5,0 \cdot 10^7 \text{ J/kg} \cdot 7.200 \text{ kg/h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{T/h}} = 3,6 \cdot 10^{11} \text{ J/h}$$

quantidade de calor utilizada por hora:

$$Q_{\text{util/h}} = 0,4 \cdot 3,6 \cdot 10^{11} \text{ J/h}$$

potência gerada:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{0,4 \cdot 3,6 \cdot 10^{11} \text{ J}}{3.600 \text{ s}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 10^8 \text{ W} = 40 \text{ MW}$$

$$\text{b)} Q_{\text{rejeitado(1 segundo)}} = m_{\text{água(1 segundo)}} \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 60 \cdot 10^6 \text{ (J/s)} = 5 \cdot 10^3 \text{ (kg/s)} \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ (J/(kg \cdot °C))} \cdot \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta T = 3 \text{ °C}$$

5 Alternativa B.

Apenas o ciclo de Carnot, um ciclo ideal com rendimento máximo, é isentrópico, ou seja, um ciclo no qual a entropia permanece constante. Assim, em qualquer outro ciclo, a entropia irá aumentar.

6 Alternativa C.

O motor é uma máquina térmica, sendo assim, não é possível que uma máquina possua rendimento 100%, ou seja, não é possível a transformação integral de calor em trabalho.

7 Alternativa D.

A afirmativa 3 está incorreta. Não é possível que uma máquina possua rendimento 100%, portanto, não há transformação integral de calor em trabalho (já que há perdas de energia).

CAPÍTULO 5.

Dinâmica das populações e sucessão ecológica

1 Resposta pessoal. Auxilie os estudantes na navegação pelo site do IBGE, ajudando-os a encontrar os dados necessários para a elaboração dos gráficos. Esta atividade pode ser desenvolvida de maneira interdisciplinar, contando com a colaboração dos professores de Matemática e Geografia. converse com os seus colegas dessas áreas sobre essa possibilidade.

2 a) Após determinado tempo, foi atingida a carga biótica máxima, ou seja, o tamanho máximo da população suportado por aquele ambiente. Um dos fatores que atua na estabilização de populações é a competição intra ou interespecífica.

b) O declínio da população de insetos ocorreu devido à sua predação pelo animal introduzido para o controle biológico da população.

CAPÍTULO 6.

Acidez e basicidade de soluções aquosas

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 $[\text{H}_3\text{O}^+]$. São eles: o suco de limão e o vinagre.

3 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 requerem para sua respiração a substância gás oxigênio (O_2) dissolvida na água do rio.

- 4** a) O aumento da temperatura reduz a solubilidade do gás oxigênio (O_2) em água (isto é, a concentração máxima de O_2 que se dissolve em água) e, portanto, a expectativa é de que a concentração de O_2 na água do aquário diminua.
 b) De acordo com a lei de Henry, o aumento da pressão parcial de gás oxigênio (O_2) no ar aumenta a solubilidade dessa substância em água e, portanto, a expectativa é de que a concentração de O_2 na água do aquário aumente.

5 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). Isso diminui a concentração de HCl e $HClO$ na solução e reduz sua acidez (aumenta o pH).

6 Alternativa D.

$$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$$

$$CO_2(aq) + 2H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

O aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera da cápsula aumenta a acidez do sangue porque desloca o primeiro equilíbrio no sentido dos produtos, o que, por sua vez, acarreta deslocamento do segundo equilíbrio também no sentido dos produtos (aumentando $[H_3O^+]$). Como consequência, o pH do sangue diminui ao longo do tempo.

CAPÍTULO 7.

Algumas aplicações da escala de pH

1 Alternativa B.

O $HClO$ é mais efetivo na desinfecção do que o ClO^- . Assim, o ideal é empregar um pH que não seja prejudicial ao ser humano e que desloque o segundo equilíbrio no sentido de formar reagentes. Quando o pH é igual ao pK_a , que vale 7,53, temos $[HClO]$ igual a $[ClO^-]$. Usando pH mais baixo que isso, o equilíbrio é deslocado no sentido dos reagentes, devido ao aumento da $[H_3O^+]$, tornando $[HClO] > [ClO]$. Isso descarta as alternativas D e E. A alternativa A também não é correta, porque não se pode distribuir água tratada com $pH = 0$ (elevada acidez). Entre as duas possibilidades que restam, $pH = 5$ é mais apropriado, o que valida a alternativa B, porque é mais efetivo para deslocar o equilíbrio no sentido dos reagentes do que $pH = 7$.

2 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: $4,6 < pH < 6,0$.

3 Alternativa B.

Por ser um monoácido fraco: $[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot M}$

$$[H_3O^+] = \sqrt{5,0 \cdot 10^{-5} \cdot 8,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$[H_3O^+] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} = 10^{0,30} \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-2,70} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 2,70$$

4 Alternativa B.

$$[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 6$$

$$[H_3O^+] = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L} = 10^{0,4} \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-7,6} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 7,6$$

Assim, o azul de bromotimol adquire coloração:

- amarela em meio com pH menor que 6 (isto é, com $[H_3O^+]$ maior que $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$);
- azul em meio com pH maior que 7,6 (isto é, com $[H_3O^+]$ menor que $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$).

Assim, a coloração nos meios citados será:

- suco de tomate ($pH < 6$): amarelo
- água da chuva ($pH < 6$): amarelo
- água do mar ($pH > 7,6$): azul

5 Alternativa D.

A adição de base aumenta o valor de pH das duas soluções. Como a solução I é tamponada, o aumento de seu pH será menor.

6 Alternativa B.

$$\frac{[lactato^-]}{[\text{ácido láctico}]} = \frac{K_a}{[H_3O^+]}$$

$$[H_3O^+] = 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-1}}{1,0 \cdot 10^{-1}}$$

$$[H_3O^+] = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Como $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} < [H_3O^+] < 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$, concluímos que: $3 < pH < 4$.

CAPÍTULO 8.

Ondas e energia

- 1** a) No experimento 2, foram geradas menos cristais porque a fonte realizou menos oscilações que no experimento 1 no mesmo intervalo de tempo. Do experimento 1 para o experimento 2, a frequência da fonte de ondas diminuiu.

- b) Observando as figuras, vemos que, no experimento 1, foram geradas 8 cristais e, no experimento 2, apenas 4 no mesmo intervalo de tempo. Assim, temos:

$$f_1 = \frac{8}{\Delta t} \text{ e } f_2 = \frac{4}{\Delta t}$$

$$\text{Portanto: } \frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{8}{\Delta t}}{\frac{4}{\Delta t}} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = 2$$

- c) Como as características físicas do meio (a água) não se alteraram de um experimento para o outro, a velocidade de propagação da onda certamente é a mesma em ambos os experimentos.

2 Alternativa B.

Se a distância dobra, a área do círculo iluminado quadruplica, reduzindo, assim, a intensidade para $\frac{1}{4}$ do valor inicial.

3 Alternativa A.

Se a área do círculo iluminado quadruplica, temos:
 $A' = 4 \cdot A \Rightarrow 4\pi(r')^2 = 4 \cdot (4\pi \cdot r^2) \Rightarrow (r')^2 = 4 \cdot r^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow r' = 2 \cdot r \Rightarrow r' = 2 \cdot \left(\frac{30 \text{ cm}}{2}\right) \therefore r' = 30 \text{ cm}$

- 4** a) A distância entre peças vizinhas deve ser menor que a altura das peças.
 b) Sim, a propagação das perturbações entre as peças vizinhas caracteriza uma onda do tipo mecânica.
 c) Ocorre uma perturbação na posição de equilíbrio das peças de dominó. Convém esclarecer aos estudantes que o meio em que essa perturbação se propaga, isto é, o conjunto de peças não é elástico, uma vez que os pontos atingidos pela perturbação não voltam às suas posições de equilíbrio.

5 Alternativa C.

São dados: $v = 45 \text{ km/h} = 12,5 \text{ m/s}$;

Distância entre os espectadores: $80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$

Atente ao fato de que, apesar de serem 16 espectadores, a quantidade de “espaços” entre essas pessoas é igual a 15. É necessário encontrar o comprimento de onda para, então, calcular a frequência, assim:

$$\lambda = 15 \cdot 0,8 \therefore \lambda = 12 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{12,5}{12} \therefore f \approx 1,04 \text{ Hz}$$

6 Alternativa D.

Como a frequência de oscilação f permanece constante, temos:

$$f_1 = f_2$$

Da equação fundamental da propagação ondulatória:

$$v = \lambda \cdot f$$

assim,

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

desta forma,

$$f_1 = f_2 \Rightarrow \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{0,8}$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = 2,5$$

de combustíveis fósseis, o que pode ser feito com políticas de incentivos aos transportes de massa.

4 Alternativa B.

O termo reciclagem designa o reaproveitamento de materiais como matéria-prima para a formação de um novo produto. Portanto, a única alternativa que traz um exemplo de reciclagem é a que cita o uso de latas de alumínio como material para a fabricação de lingotes. As demais alternativas apontam exemplos de reutilização de materiais.

5 Alternativa D.

De acordo com o conteúdo apresentado no capítulo, todas as causas citadas na questão contribuem para o agravamento dos problemas ambientais.

6 Alternativa C.

O reaproveitamento de resíduos com objetivo de requalificá-los e introduzi-los na economia faz com que esses resíduos sejam utilizados por mais tempo, diminuindo o volume de resíduos descartados e, consequentemente, amenizando o acúmulo de lixo nos aterros.

7 Alternativa A.

O crescimento precipitado das cidades ocasiona a formação de áreas irregulares, onde não há tratamento adequado de água, esgoto e resíduos, aumentando os danos ambientais.

8 Alternativa D.

O trecho apresentado na questão cita termos como “intocabilidade da natureza” e “impede o seu aproveitamento econômico sob qualquer justificativa”, o que está associado, portanto, à proibição permanente da exploração da natureza.

9 Alternativa E.

De acordo com o texto da questão, o estrôncio-90 pode “participar no equilíbrio com carbonato e substituir cálcio em diversos processos...”. O cálcio é acumulado em maior quantidade no tecido ósseo do corpo humano, portanto, ao entrar em uma cadeia alimentar do qual o homem faz parte, o estrôncio-90 será acumulado predominantemente no tecido ósseo.

CAPÍTULO 9.

Poluição ambiental e reciclagem

1 Alternativa A.

Das estratégias apresentadas, a que pode alterar a lógica de uso da água é a reutilização ou o reaproveitamento dos recursos hídricos.

2 Alternativa B.

O uso de técnicas de irrigação, além de provocar desequilíbrios pela retirada de água de seus reservatórios naturais, agrava a poluição da água por carregar agrotóxicos, depois de sua utilização.

3 Alternativa C.

A queima de combustíveis fósseis gera gases do efeito estufa que têm como consequência o aumento da temperatura global. Esse aquecimento pode intensificar o derretimento das calotas polares. Uma forma de diminuir esses efeitos é reduzir o consumo

CAPÍTULO 10.

Ácidos e bases na Química Orgânica

1 Alternativa D.

As soluções aquosas do fenol e do ácido carboxílico apresentam caráter ácido ($pH < 7$). A solução aquosa da amina apresenta caráter básico ($pH > 7$). A solução aquosa do álcool apresenta caráter neutro ($pH = 7$).

2 Alternativa C.

A reação química entre um ácido carboxílico e o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) produz um sal de sódio do ácido carboxílico, dióxido de carbono e água.

3 Alternativa C.

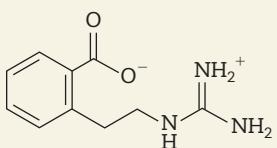
Quanto mais intenso for o efeito indutivo eletroatraente do substituinte X, mais forte será o ácido. Dentre os substituintes apresentados, o —F é o que apresenta efeito eletroatraente mais intenso, em decorrência da elevada eletronegatividade do flúor.

4 Alternativa E.

O Cl_3CCOOH apresenta maior caráter ácido que os demais em razão do efeito indutivo eletroatraente

dos três substituintes $-Cl$ ligados ao carbono vizinho da carboxila.

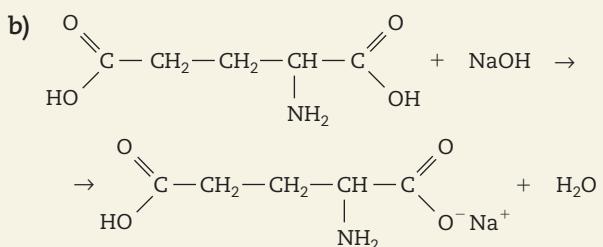
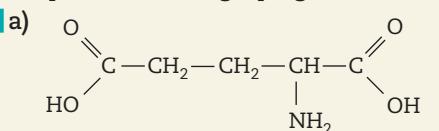
- 5** A fórmula solicitada é a seguinte:



metabólito I em $pH = 7,4$

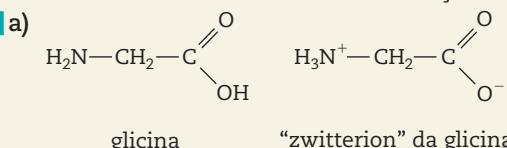
Conforme as informações apresentadas no enunciado, em valor de $pH = 7,4$, o grupo carboxila está desprotonado e o grupo guanidino está protonado.

- 6**

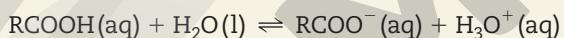


O efeito indutivo eletroatraente do grupo $-\text{NH}_2$ faz com que o grupo $-\text{COOH}$ próximo dele seja mais ácido do que o outro. Por isso, esse é o grupo carboxila envolvido na neutralização.

- 7**

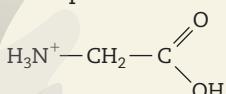


- b) A diminuição do pH equivale ao aumento da concentração de íons H_3O^+ (aq). Esse aumento desloca o equilíbrio de ionização do grupo carboxila no sentido de restaurar o ácido não ionizado.



Aumento da $[\text{H}_3\text{O}^+]$ desloca no sentido dos reagentes

Assim, com a diminuição do pH , passa a predominar a seguinte espécie:



CAPÍTULO 11.

Reprodução humana

- 1**
- H1: FSH; H2: LH; A: estrógeno e B: progesterona.
 - O hormônio estimulante do folículo (FSH) é secretado pela hipófise e é responsável pelo desenvolvimento dos folículos ovarianos.
 - O hormônio luteinizante (LH) estimula a ovulação e a formação do corpo lúteo, que secreta progesterona.

d) O hormônio A, o estrógeno, é responsável pela formação inicial do endométrio uterino, pela manutenção das características sexuais secundárias e pelo estímulo sexual.

e) O aumento da concentração do hormônio B, a progesterona, inibe a hipófise de secretar o LH, inibindo também a ovulação.

f) A concentração do hormônio H2 (LH), responsável pela ovulação, é mais elevada próximo à ovulação, o que geralmente ocorre 14 dias antes da menstruação seguinte.

2 Alternativa A. A ingestão contínua de anticoncepcionais mantém elevados os níveis desses dois hormônios.

3 Alternativa D. A partir do quarto mês da gestação, a placenta produz estrógeno e progesterona. Com a eliminação da placenta, ao final do parto, ocorre a queda da concentração desses hormônios no sangue da parturiente.

4 a) A pílula do dia seguinte é composta por hormônios presentes nos anticoncepcionais de rotina, mas em doses bem mais elevadas, que agem evitando que o óvulo seja liberado e retardando a fertilização. Caso a ovulação já tenha ocorrido, ela atua provocando a descamação do endométrio, ou seja, causando sangramento e fazendo com que o embrião não se implante.

b) A pílula do dia seguinte não é eficaz caso o embrião já tenha se implantado no endométrio (nidação). Assim, quanto maior o tempo de ingestão após a relação sexual, menor sua eficácia.

c) Por apresentar uma concentração muito alta de hormônios, o contraceptivo de emergência pode desregular o ciclo menstrual e trazer efeitos colaterais indesejados, como enjoo, acne, irritação etc.

CAPÍTULO 12.

Sustentabilidade ambiental

1 Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes identifiquem que o fenômeno descrito é a inversão térmica. Ele ocorre porque, nos meses de inverno, devido ao resfriamento do solo, a camada baixa de ar atmosférico pode esfriar mais que a camada imediatamente superior, reduzindo ou interrompendo os movimentos de convecção. Isso faz com que os poluentes se concentrem na baixa atmosfera, na camada de ar frio aprisionada entre a superfície terrestre e a camada de ar quente.

2 Alternativa C. As florestas são grandes captadoras de gás carbônico atmosférico; portanto, a redução do desmatamento ajuda a controlar o efeito estufa.

3 Alternativa D. A proliferação de mosquitos independe da presença de objetos na água.

4 Alternativa D. A radiação aumenta a taxa de mutação, matando muitos animais. Porém, a longo prazo, pela ausência de atividade humana, muitas espécies conseguem se reproduzir e aumentar a população.

Capítulo 1 - Relações ecológicas

AGÊNCIA FAPESP. *A falta dos grandes predadores*. 19 jul. 2011. Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/a-falta-dos-grandes-predadores/14195/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

A reportagem descreve a importância dos superpredadores para os ecossistemas e as consequências do declínio de suas populações.

Predadores selvagens: os superpredadores (Super Hunts Super Hunters). Direção: John Varty. Produção de Londolozi Productions. África do Sul, 1995. (52 min.)

Documentário filmado na reserva de Londolozi, na África do Sul, e no Masai Mara, no Quênia, captura cenas extraordinárias dos superpredadores africanos caçando. O filme inclui um apelo para que o ser humano trabalhe em parceria com a natureza para nosso benefício mútuo.

WILCOX, C. Será que os hipopótamos fujões de Pablo Escobar podem ajudar o meio ambiente? *National Geographic*, 5 fev. 2020. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2020/02/hipopotamos-pablo-escobar-drogas-colombia-cocaina-meio-ambiente>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

A reportagem discute como os hipopótamos africanos introduzidos na Colômbia pelo narcotraficante Pablo Escobar podem causar impactos ao ambiente e discute a possibilidade do preenchimento de um nicho deixado por grandes herbívoros semiaquáticos extintos. Além disso, pesquisadores discutem a possibilidade da criação de novos *habitats* nos ambientes habitados por esses hipopótamos.

Capítulo 2 - Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico

CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. *Química Nova*, v. 30, n. 1, 2007. p. 240-247.

O artigo traz as biografias de Fritz Haber e Carl Bosch, que desenvolveram o processo de produção da amônia a partir do nitrogênio atmosférico, e discute a importância do processo industrial de síntese da amônia.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. H.; ROCHA-FILHO, R. C. Algumas experiências simples envolvendo o Princípio de Le Chatelier. *Química Nova na Escola*, n. 5, 1997. p. 28-31.

O artigo relata quatro experiências relacionadas ao princípio de Le Chatelier, realizadas com materiais acessíveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o "fazer ciência". *Química Nova na Escola*, n. 28, 2008. p. 32-36.

O artigo apresenta um relato detalhado de aplicação de uma estratégia de ensino para o equilíbrio químico baseada em atividades de modelagem.

RAVIOLI, A.; GARRITZ, A. Analogias no ensino de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 27, 2008. p. 13-25.

Os autores listam uma série de analogias para o equilíbrio químico e comentam as vantagens e as desvantagens de cada uma.

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*, n. 18, 2003. p. 13-17.

Propõe uma atividade em que se simula o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico. Discute a utilidade didática dessa simulação, bem como as limitações do modelo.

Capítulo 3 - Primeira lei da Termodinâmica

Relacionamos a seguir um site em idioma estrangeiro que aborda conteúdo trabalhado neste capítulo. Se os estudantes compreenderem o idioma, indique-os a eles. Em muitos casos, é possível promover um trabalho interdisciplinar com o(a) professor(a) do idioma.

• **Order & Disorder – The history of energy.** <<https://www.youtube.com/watch?v=IKDxIJNTuU4>>. (Acesso em: 14 ago. 2020.)

O primeiro episódio do documentário *Order & disorder* (Ordem e desordem, em português) apresenta a importância da energia por meio de leis e de elementos que estamos acostumados, como máquinas e motores. Além disso, apresenta as leis da Termodinâmica, bem como os inventos e os inventores das máquinas térmicas e os cientistas da área, como Ludwig Eduard Boltzmann.

HÜLSENDEGER, M. J. V. C. A história da ciência no ensino da termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 2, p. 1-16, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1295/129516654005.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

Consideramos importante a abordagem da História da Ciência no ensino da Termodinâmica. Para isso, sugerimos a leitura do artigo de Hüsleneger (2007), que apresenta uma proposta de atividade e aponta que a utilização da História da Ciência contribui significativamente para melhorar a compreensão dos conceitos abordados na Termodinâmica.

PÁDUA, A. B.; DE PÁDUA, Cléia Guiotti; SILVA, João LC. *A história da Termodinâmica clássica: uma ciência fundamental*. Londrina: Eduel, 2009.

O livro reúne uma breve revisão da história da Termodinâmica clássica até meados do final do século XIX, com fatos históricos da época, as elaborações dos conceitos e as influências tecnológicas, políticas, econômicas e sociais devido aos desdobramentos da Termodinâmica.

QUADROS, Sérgio. *A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas*. São Paulo: Scipione, 1996. (Coleção Ponto de Apoio.)

Este livro conta a história da Termodinâmica e apresenta os conceitos fundamentais da ciência do calor, desde as confusas ideias do início do século XVII até uma teoria completa do final do século XIX.

Capítulo 4 - Segunda lei da Termodinâmica

• Como funciona um circuito de refrigeração?

<<https://www.youtube.com/watch?v=VHrfwDax3GA>>
(Acesso em: 17 ago. 2020.)

Esse site possui um breve vídeo do funcionamento do circuito de refrigeração de uma geladeira.

• Como ar-condicionados funcionam?

<<https://www.youtube.com/watch?v=lIZpbrcSDuY>>
(Acesso em: 17 ago. 2020.)

Esse site possui um breve vídeo do funcionamento do ar-condicionado, com explicações baseadas na física, ilustrações, animações e exemplos cotidianos.

SOUZA, P. V. S.; DIAS, P. M. C. DOS SANTOS, F. MP. Ensino da natureza estatística da segunda lei da termodinâmica no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 2, p. 1-9, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172013000200022&script=sci_arttext&tlang=pt>. Acesso em: 14 ago. 2020.

Consideramos importante discutir a natureza estatística da segunda lei da Termodinâmica, o artigo traz uma breve revisão histórica e uma proposta que auxilia a compreensão estatística da segunda lei da Termodinâmica.

MOURA, Marcos. *Entropia estatística e o ensino da segunda lei da Termodinâmica*. 2016. 193 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Curso de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2016_Marcos_Moura/dissertacao_Marcos_Moura.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

A dissertação de mestrado em física é um trabalho que sintetiza os conceitos de entropia e da segunda lei da Termodinâmica e suas relações, além de trazer diversas propostas de atividade.

DA SILVA, Eduardo Roberto; DA SILVA, Ruth Rumiko Hashimoto. *Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil*. São Paulo: Scipione, 1997. (Coleção O Universo da Ciência).

Os autores destacam a comparação entre os dois combustíveis nos motores de combustão interna quanto ao rendimento (produção de energia útil) e à poluição ambiental.

PINTO, Alexandre Custódio; LEITE, Cristina; DA SILVA, José Alves. *Calor: o motor das revoluções*. São Paulo: Editora do Brasil, 2000. (Coleção PEC – Projeto Escola e Cidadania – Física).

Por meio do estudo das máquinas térmicas, os autores apresentam conceitos básicos de Termodinâmica, algumas aplicações atuais e as consequências sociais do desenvolvimento industrial moderno.

Capítulo 5 - Dinâmica das populações e sucessão ecológica

BARNES, H. O crescimento da população mundial está fora de controle? *BBC Brasil*, 29 set. 2013. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/09/130929_projecao_pop_mundial_an>. Acesso em: 20 ago. 2020.

A reportagem mostra projeções do crescimento populacional da humanidade e discute se esse crescimento está de fato fora do controle.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Biomass*. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomass.html>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Referência para informações sobre os biomas brasileiros.

O caos: superpopulação (Aftermatch: population overload). Direção: Rob Minkoff. Exibição: National Geographic Channel. Canadá, 2010. (47 min.)

Superpopulação, o segundo episódio da série documental *O caos (Aftermatch*, no original em inglês), televisionada pelo National Geographic Channel, fala a respeito dos problemas gerados pela superpopulação do planeta.

WWF. *Biomass brasileiros*. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomass/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

Para saber mais sobre os biomas brasileiros, o site indicado é uma boa fonte de pesquisa.

Capítulo 6 - Acidez e basicidade de soluções aquosas

FERREIRA, L. H.; DE ABREU, D. G.; IAMAMOTO, Y.; ANDRADE, J. F. Experimentação em sala de aula e meio ambiente: determinação simples de oxigênio dissolvido em água. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004. p. 32-35.

O artigo traz um método experimental para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido, com o uso de materiais baratos e simples.

_____; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Variação de pH em água mineral gaseificada. *Química Nova na Escola*, n. 30, 2008. p. 70-72.

O artigo apresenta um experimento que envolve o equilíbrio entre CO₂(aq) e CO₂(g) na água mineral gaseificada e o deslocamento desse equilíbrio.

GAMA, M. S.; AFONSO, J. C. De Svante Arrhenius ao peágômetro digital: 100 anos de medida de acidez. *Química Nova*, v. 30, n. 1, 2007. p. 323-239.

O artigo descreve o estabelecimento da escala de pH e a evolução da medição dessa grandeza.

OLIVEIRA, M. F.; PEREIRA-MAIA, E. C. Alteração de cor dos vegetais por cozimento: experimento de Química Inorgânica Biológica. *Química Nova na Escola*, n. 25, 2007. p. 34-35.

Propõe experimento sobre a perda da coloração verde de certos alimentos de origem vegetal durante o cozimento devido à reação da clorofila com íons de um meio aquoso ácido.

Capítulo 7 - Algumas aplicações da escala de pH

FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. O conceito de solução-tampão. *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001. p. 18-21.

Artigo a respeito do conceito de solução-tampão, seu funcionamento e o motivo pelo qual diferentes soluções podem apresentar diferentes capacidades tamponantes.

GEPEQ. Extrato de repolho roxo como indicador universal de pH. *Química Nova na Escola*, n. 1, 1995. p. 32-33.

O artigo traz a proposta de um experimento para a construção de uma escala de padrões de pH com o uso de extrato de repolho roxo como indicador, com o qual é feita a classificação de diferentes soluções.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? *Química Nova*, v. 25, n. 4, 2002. p. 684-688.

As autoras sugerem o uso de extratos de amora, jabuticaba, jambolão e uva como indicadores de pH, tanto na forma líquida como em papel, comparando o seu desempenho na forma de papel com alguns papéis indicadores usados em laboratório.

Capítulo 8 - Ondas e energia

• PhET – Waves Intro

<https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_en.html> (Acesso em: 15 ago. 2020.)

Esse site mantido pela Universidade do Colorado traz um simulador de ondas mecânicas e eletromagnéticas com suas respectivas frequências e amplitudes, contendo as opções de visualizar a formação de ondas das fontes de água, som e luz. Disponível no idioma português.

• Tsunami Visualizations

<<https://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/hazards/visualizations/tsunami.html>>. (Acesso em: 15 ago. 2020.)

Essa página em inglês seleciona diversos recursos gráficos interessantes sobre *tsunamis* por meio de animações, vídeos e explicações sobre o fenômeno.

• Rede sismográfica brasileira

<<http://www.rsbr.gov.br/index.html>>. (Acesso em: 15 ago. 2020.)

Essa página mantém um registro de sismos no Brasil e no mundo. É uma oportunidade para ilustrar e retomar as razões pelas quais não há *tsunamis* no Brasil e os terremotos são praticamente imperceptíveis.

DE LUCCA, J.; MAURO, P. S. G. Desafios da tecnologia 5G. *Revista Interface Tecnológica*, [S. I.], v. 17, n. 1, p. 29-39, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.708. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/708/448>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

O artigo apresenta uma pesquisa bibliográfica exploratória sobre a importância de uma tecnologia com maior velocidade de transmissão na sociedade atual. Discute a regulamentação internacional e os impactos da tecnologia 5G, além de comparar as tecnologias 4G e 5G.

GREF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 3: Eletromagnetismo*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

GREF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 2: Física térmica*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

A coleção GREF apresenta os assuntos de Física de forma prática, correlaciona as atividades e os exercícios, com elementos do cotidiano e aplicações tecnológicas.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

O livro *Física conceitual* trabalha com conceitos e princípios básicos da Física por meio de uma abordagem conceitual. Consulte o capítulo referente à Termodinâmica, para obter mais informações.

MONTANARI, Valdir; CUNHA, Paulo. *Nas ondas da luz*. São Paulo: Moderna, 1995. (Coleção Desafios).

Nessa obra, os autores traçam uma retrospectiva histórica da evolução dos conceitos sobre a luz, evidenciando suas principais aplicações práticas e tecnológicas.

DORIA, Mauro M.; MARINHO, Franciole da Cunha. *Ondas e bits*. São Paulo: Livraria da Física, 2006. (Coleção Temas Atuais de Física).

O livro apresenta alguns princípios da Física Ondulatória necessários para compreender o mundo da comunicação digital. A obra discorre sobre sistemas de transmissão de mensagens como o telégrafo e a internet.

Capítulo 9 - Poluição ambiental e reciclagem

- GEPEQ IQ-USP: Separação e identificação de plásticos – experimentos de Química.**

<<https://gepeqiusp.wixsite.com/gepeq/experimentos>>. (Acesso em: 17 ago. 2020.)

Essa página, mantida pelo Grupo de Pesquisa em Química da Universidade de São Paulo (GEPEQ IQ-USP), apresenta um vídeo de um experimento sobre o processo de separação de plásticos utilizando a densidade de polímeros e produtos de sua combustão.

- Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Recicabilidade**

<<http://www.abralatas.org.br/>>. (Acesso em: 1º set. 2020.)

O site da Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Recicabilidade apresenta muitas informações sobre as latas de alumínio e sobre as vantagens de sua reciclagem. Não deixe de explorar o link "Meio ambiente" e assistir ao vídeo sobre as etapas do processo de reciclagem. Destaque também para os projetos sociais e para a receita caseira, do professor Cláudio Furukawa, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, para gelar uma latinha em três minutos.

- Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro**

<<https://abividro.org.br/>> (Acesso em: 6 jul. 2020.)

O site da Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro contém muitas informações sobre a história, a fabricação e a reciclagem do vidro.

- Instituto Socioambiental dos Plásticos**

<<https://ecoativos.org.br/biblioteca/plastivida-instituto-socioambiental-de-plasticos/>>. (Acesso em: 6 jul. 2020.)

O site do Instituto Socioambiental dos Plásticos contém informações sobre meio ambiente e sustentabilidade, além de tratar dos diferentes tipos de plástico, desde a matéria-prima usada na fabricação até o produto final e seu descarte.

BORBA M. P.; OTERO P. (org.). *Consumo sustentável*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: 5 Elementos – Instituto de Educação e Pesquisa Ambiental, 2009. 97 p. Disponível em: <<https://www.imprensaoficial.com.br/downloads/pdf/projetossociais/sustentavel.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

O livro reúne informações e propostas sobre o consumo e como reduzir o impacto sobre o meio ambiente através de atitudes, hábitos, ações, entre outros. Disponibiliza um manual de atividades com sugestões para serem aplicadas dentro ou fora do espaço escolar, além de conter um capítulo com uma ampla referência bibliográfica, vídeos e sites.

BRAGA, Benedito et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo. Ed Prentice Hall, 2002. 305 p.

A parte II (Poluição ambiental) do livro, é uma fonte bibliográfica que reúne diversos elementos que auxiliam no aprofundamento dos conceitos e dos conteúdos referentes ao tema poluição ambiental discutidos no livro do estudante.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas*. São Paulo: Harbra, 2018.

O livro tem como objetivo auxiliar a formação de professores de Ciências ou áreas correlatas, para dar-lhes condições de apresentar e discutir os fenômenos cotidianos associados a Ciências Biológicas, assim como o desenvolvimento científico e tecnológico.

WATANABE, G; STRIEDER, R. B.; GEHLEN, S.T. Desafios e possibilidades para a abordagem de temas ambientais em aulas de Física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 12, n. 1, p. 205-222, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/4226/2791>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Há inúmeras possibilidades para a abordagem dos temas ambientais nas aulas de física. O artigo é uma análise do uso do tema ambiental na sala de aula, que aponta que a questão ambiental pode ser inserida sob o viés da complexidade em que a ciência está em transformação e que não existem soluções únicas.

BRANCO, Samuel Murgel. *Ecologia da cidade*. São Paulo: Moderna, 2013. (Coleção Desafios).

O autor aponta as principais causas do desequilíbrio do meio urbano, procurando estabelecer formas de garantir seu reequilíbrio.

BRANCO, Samuel Murgel. *Energia e meio ambiente*. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica).

O livro faz um balanço de nossos estoques energéticos e das várias alternativas de seu aproveitamento. Além disso, mostra as implicações ambientais de cada uma delas, questionando, sobretudo, as necessidades reais do aumento contínuo e indefinido do consumo de energia, que vêm acompanhando o desenvolvimento e o progresso de nossa civilização.

CANTO, Eduardo Leite do. *Plásticos: bem supérfluo ou mal necessário*. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica).

Neste livro, o autor aborda o contexto em que surgem as questões relativas ao plástico. Como consequência, permite um posicionamento consciente do leitor diante delas.

BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo. *Poluição do ar*. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica).

O livro apresenta algumas noções sobre os fenômenos complexos envolvidos na composição da atmosfera e analisa os inúmeros fatores que podem contribuir – direta ou indiretamente – para que o ar seja alterado, especialmente, nos grandes centros urbanos.

Capítulo 10 - Ácidos e bases na Química Orgânica

CHAGAS. A. P. Teorias ácido-base do século XX. *Química Nova na Escola*, n. 9, 1999. p. 28-30.

O autor faz um apanhado das principais teorias ácido-base, comentando suas inter-relações, abrangência e utilidade.

DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Corantes naturais: extração e emprego como indicadores de pH. *Química Nova na Escola*, n. 17, 2003. p. 27-31.

Este artigo traz uma proposta de atividade experimental relacionada aos conceitos de equilíbrio ácido-base envolvendo compostos orgânicos.

MARÇO, P. H.; POPPI, R. J.; SCARMINIO, I. S. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. *Química Nova*, v. 31, n. 5, 2008. p. 1218-1223.

Artigo que inclui as fórmulas estruturais de vários indicadores ácido-base naturais pertencentes à classe das antocianinas.

SILVA, R. R. et al. Química e a conservação dos dentes. *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001. p. 3-8.

Comenta a formação de ácido láctico na boca, o deslocamento de equilíbrio responsável pela formação da cárie e aspectos da atuação dos dentifrícios, com destaque para a atuação na limpeza e no combate às cáries.

Capítulo 11 - Reprodução humana

BRASIL. Ministério da Saúde. *Cuidando de adolescentes: orientações básicas para a saúde sexual e a saúde reprodutiva*. Brasília: 2016. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cuidando_adolescentes_saude_sexual_reprodutiva_2ed.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Publicação do Ministério da Saúde visando à atenção integral à saúde sexual de adolescentes.

ORTIZ, J. et al. O que você precisa saber sobre reprodução assistida. *Veja*, 28 nov. 2019. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/medicina/o-que-voce-precisa-saber-sobre-reproducao-assistida/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

Reportagem sobre reprodução assistida traz as principais informações sobre as técnicas e um panorama do uso das técnicas no Brasil.

FURLANETTO, M. F. *Educação em sexualidade na adolescência: uma cartilha para a comunidade escolar*. Núcleo de estudos sobre famílias e instituições educacionais e sociais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.ufrrgs.br/nefies/wp-content/uploads/2020/07/03_cartilha_final_vOnline-4.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2021.

A cartilha apresenta diversos aspectos relacionados à educação sexual, como comportamentos de risco, papel da escola e da família e estratégias de diálogo.

Capítulo 12 - Sustentabilidade ambiental

ONU. *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Informações sobre os compromissos firmados na Agenda 2030 da ONU.

RECUPERAÇÃO de eletrônicos (E-LETRO). *A ONU e a mudança climática*. Disponível em: <<https://www.eletro.org.br/aquecimento-global/a-onu-e-a-mudanca-climatica/>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

O site traz explicações sobre causas, dados sobre o fenômeno e acordos e tratados sobre o tema.

ONU. *Documentos temáticos sobre os ODS*. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Documentos da Organização das Nações Unidas sobre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

JOSÉ MARIANO AMABIS

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Doutor e Mestre em Ciências, na área de Biologia (Genética), pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Professor aposentado do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do IBUSP.

GILBERTO RODRIGUES MARTHO

Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Professor.

NICOLAU GILBERTO FERRARO

Licenciado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Engenheiro Metalurgista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Diretor pedagógico.

PAULO CESAR MARTINS PENTEADO

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Santa Catarina. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

CARLOS MAGNO A. TORRES

Bacharel em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática e Física pela Uninter-PR. Professor.

JÚLIO SOARES

Doutor em Ciências, na área de Física do Estado Sólido, pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Cientista.

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). 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). Professora.

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

HUMANIDADE E AMBIENTE

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1^a edição

São Paulo, 2020



Coordenação editorial: Fabio Martins de Leonardo, Rita Helena Bröckelmann

Edição de texto: Dino Santesso Gabrielli, Flávia Valério Esteves dos Reis, Jeferson Felix da Silva, Júlio Francisco Hisada Pedroni, Marcelo Pulido, Maria Carolina Bittencourt, Marilu Maranho Tassetto, Mauro Faro, Natalia Leporo Torcato, Caroline Silva de Matos

Assistência editorial: Beatriz Assunção Baeta, Giovanni Laranjo de Stefani, Heloise do Nascimento Calça

Assistência didático-pedagógica: Antônio Carlos Rodrigues de Amorim, Luiz Alberto de Paula, Thais Ribeiro Semprebom

Gerência de design e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de design e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: Otávio dos Santos, Ana Carolina Orsolin

Capa: Daniel Messias

*Foto: Eric Isselee/Shutterstock. Detalhe do olho do camaleão-de-três-chifres (*Trioceros jacksonii*). Nativo das florestas úmidas do leste da África, mede cerca de 25 cm.*

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Márcia Cunha do Nascimento

Editoração eletrônica: Setup Editoração Eletrônica

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Adriana Bairrada, Edna Luna, Nancy H. Dias, Salete Brentan, Viviane T. Mendes

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Moraes, Luciana Vieira, Joanna Heliszkowski

Coordenação de bureau: Rubens M. Rodrigues

Tratamento de imagens: Ademir Francisco Baptista, Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro

Pré-imprensa: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa

Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro

Impressão e acabamento:

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

Moderna plus : ciências da natureza e suas tecnologias. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Vários autores.

Obra em 6 v.

Conteúdo: O conhecimento científico -- Água e vida -- Matéria e energia -- Humanidade e ambiente -- Ciência e tecnologia -- Universo e evolução.

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio).

20-39972

CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino integrado : Livro-texto : Ensino médio
373.19

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

EDITORIA MODERNA LTDA.

Rua Padre Adelino, 758 - Belenzinho
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03303-904
Vendas e Atendimento: Tel. (0_11) 2602-5510
Fax (0_11) 2790-1501
www.moderna.com.br
2020
Impresso no Brasil

Apresentação

Prezado estudante,

Enquanto escrevíamos esta coleção de livros sobre as Ciências da Natureza, a humanidade enfrentava uma das maiores tragédias já vivenciadas por nossa espécie: a pandemia do coronavírus, a COVID-19, que está causando a morte de milhares de pessoas em todo o mundo e que pode devastar a economia global. Nossa expectativa é que, quando esta obra for publicada e chegar a suas mãos, o pior já tenha passado.

Essa tragédia certamente nos deixará lições importantes. A crise tem evidenciado, por exemplo, o papel fundamental da Ciência para a sobrevivência da espécie humana em nosso planeta. Termos científicos que antes eram do domínio apenas de especialistas – estatísticas e projeções matemáticas, pandemias, epidemias, estrutura e reprodução dos vírus e das células vivas, endossomos, defesas imunitárias etc. – foram incorporados ao repertório das pessoas leigas. O mundo não será mais o mesmo de antes da pandemia, e a Ciência será mais valorizada e receberá a importância que realmente tem para os cidadãos.

Nesta obra, nossa equipe multidisciplinar de Química, Física e Biologia empenhou todos os esforços para levar ao cotidiano dos estudantes os conceitos realmente importantes. Procuramos eliminar o excesso de detalhes dessas disciplinas, para dar prioridade a uma educação científica mais realista e útil para a formação cidadã necessária a todos.

A integração entre as três especificidades das Ciências Naturais, tanto no conteúdo quanto em sua aplicação, focaliza a participação dos estudantes na pesquisa, na reflexão e na interação com os problemas cruciais que nos atingem. Isso fica evidente na quantidade de atividades que visam mais o aspecto social do que os conhecimentos técnicos de cada área.

Atendendo às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, a quantidade de conteúdos formais foi substancialmente reduzida, ao passo que houve um aumento expressivo da contribuição de atividades individuais e em grupo. Desse modo, os estudantes terão mais motivação para explorar os aspectos abordados nos capítulos.

Nossa expectativa é que, ao perceber os esforços necessários para superar os desafios com os quais a humanidade se depara, os estudantes passem a valorizar a abordagem científica dos fenômenos naturais, utilizando-a para a compreensão da natureza e de nosso papel na trama da vida. Esperamos que se conscientizem de que apenas com a cooperação e a integração de todas as áreas do conhecimento será possível encontrar soluções globais para os problemas enfrentados hoje por nossa espécie. Como sabemos, muitos desses problemas devem-se ao fato de termos negligenciado a integração da humanidade com o planeta do qual fazemos parte. Sairemos mais sábios e mais fortes das crises que nós mesmos geramos e venceremos ao valorizar os conhecimentos que podemos obter na escola e que nos preparam para um futuro melhor. Contra as trevas da ignorância, só nos resta saber mais e compartilhar o conhecimento que vem sendo construído pelo esforço de tantas mulheres e homens dedicados à Ciência.

Os autores





Videotutorial

- Assista ao videotutorial com orientações sobre o volume.

A abertura apresenta temas relacionados às Ciências da Natureza e indica os assuntos que serão abordados em cada capítulo.



Em destaque

Textos de outras mídias com informações complementares aos assuntos tratados no capítulo.



De olho na BNCC

Indica as habilidades da BNCC que serão desenvolvidas no capítulo.

Atividade em grupo

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

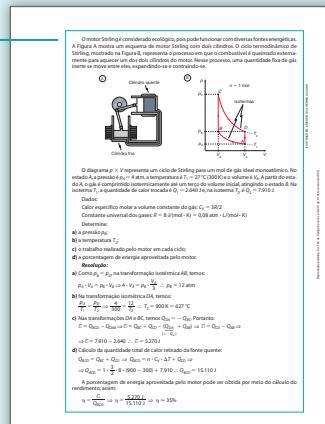


Dialogando com o texto

Atividades ou informações diretamente relacionadas ao conteúdo que visam acentuar a interatividade entre o estudante e o capítulo.



Exemplos de aplicação da teoria apresentados ao longo do capítulo

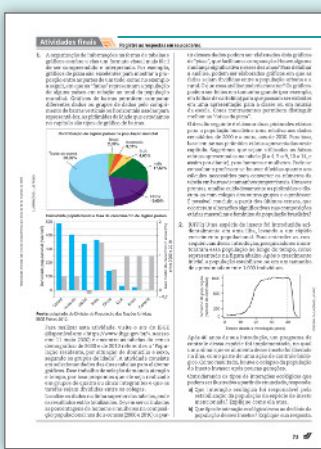


Atividade prática

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

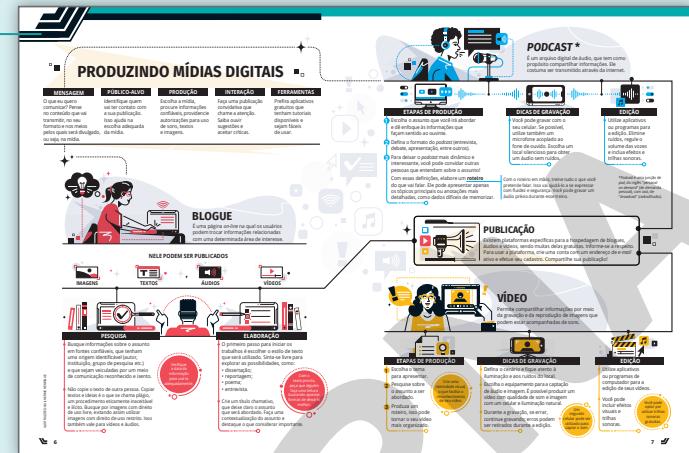
Aplicando conhecimentos

Atividades para verificação e assimilação de conceitos apresentados no capítulo.



Atividades finais

Atividades autorais e dos principais vestibulares que englobam assuntos abordados ao longo do capítulo.



Produzindo mídias digitais

Sugestões de como produzir e transmitir informações confiáveis por meio de algumas mídias digitais.

Por dentro da BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento que apresenta as aprendizagens essenciais que todos os estudantes do Brasil devem ter acesso durante a Educação Básica. Esses conhecimentos estão estruturados em competências gerais, específicas e habilidades. Na tabela apresentada nas páginas iniciais do livro, você pode conhecer as competências e habilidades que estão sendo mobilizadas no livro. Cada habilidade é identificada por um código alfanumérico cuja composição é a seguinte:

E M 1 3 L G G 1 0 3

O primeiro par de letras indica a etapa de Ensino Médio

O primeiro parágrafo do documento (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio, conforme definição dos currículos.

A segunda sequência de letras indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras):
LGG = Linguagens e suas Tecnologias
LP = Língua Portuguesa
MAT = Matemática e suas Tecnologias
CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CHS = Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois últimos números).

Vale destacar que o uso de numeração sequencial para identificar as habilidades não representa uma ordem ou hierarquia esperada das aprendizagens. Cabe aos sistemas e escolas definir a progressão das aprendizagens, em função de seus contextos locais.

PRODUZINDO MÍDIAS DIGITAIS

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.



BLOGUE

É uma página *on-line* na qual os usuários podem trocar informações relacionadas com uma determinada área de interesse.

NELE PODEM SER PUBLICADOS



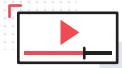
IMAGENS



TEXTOS



ÁUDIO



VÍDEO



PESQUISA



ELABORAÇÃO

- Busque informações sobre o assunto em fontes confiáveis, que tenham uma origem identificável (autor, instituição, grupo de pesquisa etc.) e que sejam veiculadas por um meio de comunicação reconhecido e isento.
- Não copie o texto de outra pessoa. Copiar textos e ideias é o que se chama plágio, um procedimento eticamente inaceitável e ilícito. Busque por imagens com direito de uso livre, evitando assim utilizar imagens com direito de uso restrito. Isso também vale para vídeos e áudios.

Verifique a data da informação para usá-la adequadamente.

- O primeiro passo para iniciar os trabalhos é escolher o estilo de texto que será utilizado. Sinta-se livre para explorar as possibilidades, como:
 - dissertação;
 - reportagem;
 - poema;
 - entrevista.
- Crie um título chamativo, que deixe claro o assunto que será abordado. Faça uma contextualização do assunto e destaque o que considerar importante.

Com o texto pronto, peça que alguém faça uma leitura buscando apontar formas de deixá-lo melhor.



PODCAST *

É um arquivo digital de áudio, que tem como propósito compartilhar informações. Ele costuma ser transmitido através da internet.



ETAPAS DE PRODUÇÃO

- 1 Escolha o assunto que você irá abordar e dê enfoque às informações que façam sentido ao ouvinte.
- 2 Defina o formato do podcast (entrevista, debate, apresentação, entre outros).
- 3 Para deixar o podcast mais dinâmico e interessante, você pode convidar outras pessoas que entendam sobre o assunto!

Com essas definições, elabore um **roteiro** do que vai falar. Ele pode apresentar apenas os tópicos principais ou anotações mais detalhadas, como dados difíceis de memorizar.



DICAS DE GRAVAÇÃO

- Você pode gravar com o seu celular. Se possível, utilize também um microfone acoplado ao fone de ouvido. Escolha um local silencioso para obter um áudio sem ruídos.

Com o roteiro em mãos, treine tudo o que você pretende falar. Isso vai ajudá-lo a se expressar com fluidez e segurança. Você pode gravar um áudio prévio durante esse treinamento.



EDIÇÃO

- Utilize aplicativos ou programas para a edição. Elimine ruídos, regule o volume das vozes e inclua efeitos e trilhas sonoras.

*Podcast é uma junção de *pod*, do inglês "personal on demand" (de demanda pessoal), com *cast*, de "broadcast" (radiodifusão).

PUBLICAÇÃO

Existem plataformas específicas para a hospedagem de blogues, áudios e 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!



VÍDEO

Permite compartilhar informações por meio da gravação e da reprodução de imagens que podem estar acompanhadas de sons.

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 trilhas sonoras.

Você pode optar por utilizar trilhas sonoras gratuitas.



Sumário

CAPÍTULO 1	Relações ecológicas	13
1.	Hábitat e nicho ecológico	14
	O princípio da exclusão competitiva, 14	
2.	Relações ecológicas intraespecíficas	15
	Competição intraespecífica, 15	
	Cooperação intraespecífica, 15	
3.	Relações ecológicas interespecíficas	16
	Competição interespecífica, 17	
	Interações tróficas, 17	
	Parasitismo, 18	
	Mutualismo, 19	
	Comensalismo e inquilinismo, 20	
	O conceito de simbiose, 21	
	Resumo das relações ecológicas interespecíficas, 22	
	Atividades finais	22
CAPÍTULO 2	Coexistência de reagentes e produtos: equilíbrio químico	24
1.	Equilíbrio dinâmico	25
2.	Concentração em quantidade de matéria	26
3.	Equilíbrio químico	27
4.	Constante de equilíbrio	28
5.	Outros aspectos conceituais dos equilíbrios	30
6.	Deslocamento de equilíbrio	32
	Atividades finais	37
CAPÍTULO 3	Primeira lei da Termodinâmica	38
1.	Introdução	39
2.	Origem da Termodinâmica	39
3.	Troca de trabalho entre um gás e o meio	43
4.	Calor trocado entre um gás e o meio	44
5.	Energia interna de um gás ideal	44
6.	Primeira lei da Termodinâmica	46
	Atividades finais	48
CAPÍTULO 4	Segunda lei da Termodinâmica	50
1.	Introdução	50
2.	Máquinas térmicas	51
3.	Segunda lei da Termodinâmica	53
4.	Rendimento de uma máquina térmica	53
5.	Máquina frigorífica ou refrigerador	54
6.	Máquina de Carnot	56
7.	Processos naturais irreversíveis	57
	Atividades finais	59

CAPÍTULO 5	Dinâmica das populações e sucessão ecológica	61
1.	Características das populações biológicas	62
	O conceito de população, 62	
	Densidade populacional, 62	
	Taxas populacionais, 63	
	Taxas de natalidade e de mortalidade, 64	
	Índice de fertilidade, 64	
	Crescimento populacional, 64	
2.	Fatores que regulam o tamanho populacional	65
	A explosão populacional da humanidade, 66	
3.	Sucessão ecológica	67
4.	Os grandes biomas do mundo	69
	O conceito de bioma, 69	
	Domínios morfoclimáticos e biomas do Brasil, 70	
	Atividades finais	73

CAPÍTULO 6	Acidez e basicidade de soluções aquosas	74
1.	Constante de ionização de ácidos	75
2.	Lei da diluição de Ostwald	76
3.	Efeito do íon comum na ionização de ácidos	78
4.	Autoionização da água	80
5.	Escala de pH e escala de pOH	81
6.	Solubilidade de gases em água	83
	Atividades finais	86

CAPÍTULO 7	Algumas aplicações da escala de pH	87
1.	Cálculo do pH de alguns meios aquosos	88
2.	Indicadores ácido-base	89
3.	Diagramas de distribuição de espécies	92
4.	Solução-tampão	94
	Atividades finais	96

CAPÍTULO 8	Ondas e energia	97
1.	Introdução	97
2.	Conceito de onda	98
3.	Ondas e energia	98
4.	Classificação das ondas quanto à sua natureza	100
	Ondas mecânicas, 100	
	Ondas eletromagnéticas, 100	
5.	Classificação das ondas quanto aos modos de vibração	101
	Ondas transversais, 101	
	Ondas longitudinais, 101	
	Ondas mistas, 102	

6. Características físicas de uma onda	102
7. Velocidade da propagação de uma onda	105
8. Potência e intensidade na propagação de uma onda	106
Atividades finais	107

CAPÍTULO 9 Poluição ambiental e reciclagem ... 109

1. Introdução	109
2. Poluição ambiental	110
Poluição do ar, 110	
Poluição da água, 111	
Poluição do solo, 112	
Poluição sonora, 113	
Poluição visual, 113	
Poluição radioativa, 113	
3. Reciclagem	115
Reciclagem de metal, 115	
Reciclagem de vidro, 116	
Reciclagem de papel, 116	
Reciclagem de plástico, 117	
Atividades finais	119

CAPÍTULO 10 Ácidos e bases na química orgânica ... 121

1. Conceitos introdutórios	122
2. Acidez na Química Orgânica	123
3. Efeito de substituintes na força ácida	124
4. Basicidade na Química Orgânica	125
5. Resinas trocadoras de íons	127
6. Caráter anfótero na Química Orgânica	128
Atividades finais	130

CAPÍTULO 11 Reprodução humana ... 131

1. Sistema genital feminino	132
Pudendo feminino, 132	
Vagina e útero, 133	
Tubas uterinas e ovários, 133	
2. Sistema genital masculino	133
Pênis, bolsa escrotal e testículos, 133	
Ductos deferentes e glândulas acessórias, 134	
3. Hormônios relacionados à reprodução	134
Gonadotrofinas: FSH e LH, 135	
Estrógeno e progesterona, 135	
Testosterona, 135	
Controle hormonal do ciclo menstrual, 135	
4. Gravidez e parto	136
Fecundação e nidação, 136	
Placenta, 137	
Fase fetal, 137	
Parto, 137	
Gêmeos, 138	
5. O controle da reprodução humana	139
Métodos contraceptivos, 139	
Atividades finais	142

CAPÍTULO 12 Sustentabilidade ambiental ... 143

1. O conceito de sustentabilidade ambiental	144
2. Poluição e desequilíbrios ambientais	145
Poluição, 145	
Desmatamento, introdução de espécies exóticas e extinção, 150	
3. Alternativas para o futuro	151
Alternativas energéticas, 151	
Atividades finais	152
Ampliando os conhecimentos	154
Tabela periódica dos elementos (IUPAC)	158
Referências bibliográficas	159



Por dentro da BNCC

OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC TRABALHADAS NO VOLUME

Este volume aborda aspectos da interação entre a humanidade e o ambiente, envolvendo desde princípios das Ciências da Natureza até seus usos em processos e os efeitos destes no ambiente. Ao analisar aspectos macro e microscópicos do ambiente e como a ação humana os afeta, os estudantes serão capazes de desenvolver habilidades e competências da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e aumentar sua capacidade de análise, interpretação e ação perante esses temas e suas relações.

Uma das principais questões atuais da humanidade, que tende a ter sua importância aumentada no futuro, são as mudanças climáticas e a degradação ambiental gerada pelas atividades humanas. Esse tema envolve não só as Ciências da Natureza, mas todas as áreas do conhecimento. Assim, é essencial que os estudantes, para cumprirem seu papel de cidadãos, possam entender os princípios desses fenômenos, bem como suas consequências e possíveis maneiras de mudar o panorama atual. Dessa forma, poderão analisar criticamente notícias, projetos e discursos sobre essa temática, fazendo escolhas embasadas em seus princípios e de acordo com conhecimentos científicos.

COMPETÊNCIA GERAL	CAPÍTULO(S)
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.	1, 3, 4
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.	5, 7, 11, 12
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	1, 11
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.	3
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.	12
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.	6, 9, 12
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 autocritica e capacidade para lidar com elas.	10, 11
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.	11
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	9
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1	CAPÍTULO(S)
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoejam processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.	
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.	2, 3, 6, 7, 10
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.	3, 4
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.	9
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.	6, 9, 10, 12
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.	6, 7, 9
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2	CAPÍTULO(S)
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.	
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).	1, 5, 6, 7
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).	1, 5, 6, 7, 9, 10, 12
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.	1, 2, 7, 11

Continuação

CONTENIDO	PESO
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	CAPÍTULO(S)
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.	5, 6, 10, 12
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.	10, 11, 12
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	CAPÍTULO(S)
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).	
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.	1, 3, 4, 11
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.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12
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.	1, 2, 9, 10, 12
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.	9, 11
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.	6
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.	2
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.	8
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.	12
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.	2, 8, 9, 10

CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS

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 contemplam outros agentes e discursos.	3
EM13CHS103: Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas (expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e geográficos, gráficos, mapas, tabelas, tradições orais, entre outros).	1, 4
Competência específica 2: Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações.	
EM13CHS201: Analisar e caracterizar as dinâmicas das populações, das mercadorias e do capital nos diversos continentes, com destaque para a mobilidade e a fixação de pessoas, grupos humanos e povos, em função de eventos naturais, políticos, econômicos, sociais, religiosos e culturais, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a esses processos e às possíveis relações entre eles.	5
EM13CHS202: Analisar e avaliar os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas de grupos, povos e sociedades contemporâneos (fluxos populacionais, financeiros, de mercadorias, de informações, de valores éticos e culturais etc.), bem como suas interferências nas decisões políticas, sociais, ambientais, econômicas e culturais.	3, 8
Competência específica 3: Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global.	
EM13CHS301: Problematizar hábitos e práticas individuais e coletivos de produção, reaproveitamento e descarte de resíduos em metrópoles, áreas urbanas e rurais, e comunidades com diferentes características socioeconômicas, e elaborar e/ou selecionar propostas de ação que promovam a sustentabilidade socioambiental, o combate à poluição sistêmica e o consumo responsável.	9, 10, 12

Continuação

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.	2, 12
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.	7
EM13CHS305: Analisar e discutir o papel e as competências legais dos organismos nacionais e internacionais de regulação, controle e fiscalização ambiental e dos acordos internacionais para a promoção e a garantia de práticas ambientais sustentáveis.	9, 10
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).	9

LINGUAGENS E SUAS TECNOLOGIAS

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.

EM13LGG301: Participar de processos de produção individual e colaborativa em diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais), levando em conta suas formas e seus funcionamentos, para produzir sentidos em diferentes contextos.

3

EM13LGG303: Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas.

4, 8, 11

EM13LGG304: Formular propostas, intervir e tomar decisões que levem em conta o bem comum e os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global.

4

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.

EM13LGG603: Expressar-se e atuar em processos de criação autorais individuais e coletivos nas diferentes linguagens artísticas (artes visuais, audiovisual, dança, música e teatro) e nas intersecções entre elas, recorrendo a referências estéticas e culturais, conhecimentos de naturezas diversas (artísticos, históricos, sociais e políticos) e experiências individuais e coletivas.

3

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.

EM13LGG703: Utilizar diferentes linguagens, mídias e ferramentas digitais em processos de produção coletiva, colaborativa e projetos autorais em ambientes digitais.

3

EM13LGG704: Apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informação, por meio de ferramentas e dos novos formatos de produção e distribuição do conhecimento na cultura de rede.

9

MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS

Competência específica 1: Utilizar estratégias, conceitos e procedimentos matemáticos para interpretar situações em diversos contextos, sejam atividades cotidianas, sejam fatos das Ciências da Natureza e Humanas, das questões socioeconômicas ou tecnológicas, divulgados por diferentes meios, de modo a contribuir para uma formação geral.

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.

2, 7

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.

2

Competência específica 3: Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.

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.

6

EM13MAT306: Resolver e elaborar problemas em contextos que envolvem fenômenos periódicos reais (ondas sonoras, fases da lua, movimentos cíclicos, entre outros) e comparar suas representações com as funções seno e cosseno, no plano cartesiano, com ou sem apoio de aplicativos de álgebra e geometria.

8

EM13MAT314: Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras (velocidade, densidade demográfica, carga elétrica etc.).

2, 6

Competência específica 5: Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas.

EM13MAT510: Investigar conjuntos de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas, usando ou não tecnologias da informação, e, quando apropriado, levar em conta a variação e utilizar uma reta para descrever a relação observada.

3, 4

CAPÍTULO

1

RELAÇÕES ECOLÓGICAS

BARBARA VON HOFFMANN/ALAMY/FOTOARENA



A relação alimentar predador-presa, embora possa parecer cruel à primeira vista, é fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas naturais. Na foto, guepardo (*Acinonix jubatus*), que chega a 1,5 m de comprimento, caçando um filhote de impala (*Aepyceros melampus*) com cerca de 80 cm de comprimento.

Uma das grandes contribuições da Ecologia para a compreensão da natureza foi a constatação de que as diversas espécies biológicas fazem parte de uma teia, na qual as comunidades de seres vivos se relacionam de diversas maneiras, que vão desde a competição até a cooperação entre espécies. O equilíbrio dos ecossistemas resulta exatamente dessa multiplicidade de relações ecológicas. Entre elas, uma das mais conhecidas e emblemáticas é a que se estabelece entre predador e presa.

De tempos em tempos, certos animais são eleitos como astros de livros e filmes, despertando nas pessoas sentimentos de temor e admiração. Eles estão no topo da cadeia alimentar: são os superpredadores.

Tigres, leões, leopardos, lobos e tubarões de olhos frios e assassinos são alguns dos predadores que escritores e cineastas mais utilizam para estimular a imaginação, despertando em nós sentimentos ancestrais, resquícios de uma época em que os antepassados dos seres humanos viviam em florestas e savanas povoadas por grandes carnívoros.

Atualmente os grandes predadores estão de volta à cena, desta vez em artigos científicos que apontam o impacto ambiental causado pela crescente redução de suas populações. Um estudo internacional publicado recentemente pela revista científica *Science* indicou o declínio acentuado nas populações de grandes predadores. Ainda de acordo com o artigo, a perda de espécies no topo da cadeia alimentar devido à ação humana pode produzir impactos significativos nos ecossistemas terrestres.

O estudo mostra também que a diminuição das populações de predadores é muito maior do que indicavam estimativas anteriores, afetando diversos processos ecológicos em um efeito que os cientistas chamam de “cascata trófica”, no qual as perdas ocorridas no topo das cadeias alimentares causam impacto em muitas outras espécies de animais e de plantas.

Um dos exemplos citados nos estudos é a remoção dos lobos no Parque Nacional Yellowstone, nos Estados Unidos, que levou à rápida alteração na população e no comportamento de presas naturais desses lobos, os alces; estes, sem a ameaça dos predadores, passaram a se alimentar em locais que antes não frequentavam. Com isso, o crescimento de certos arbustos e gramíneas diminuiu, resultando em uma menor disponibilidade de alimentos para os castores, que também tiveram sua população reduzida. A reintrodução de lobos no parque, no entanto, possibilitou a recuperação do ecossistema.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT203**
- **EM13CNT205**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CHS103**



O artigo afirma que o declínio dos superpredadores afeta variados aspectos do ecossistema global, como o clima, o número de ambientes disponíveis, a poluição, a fixação de carbono e até mesmo a propagação de doenças. Por muito tempo pensou-se que, pelo fato de os grandes predadores ocuparem o topo da pirâmide trófica, pouco influenciavam as espécies dos níveis tróficos inferiores. Os autores do estudo, no entanto, reiteram que essa é uma compreensão equivocada.

As comunidades de seres vivos são constituídas por populações de diferentes espécies que se relacionam de diversas maneiras entre si e com o ambiente. Certas espécies alimentam-se de outras; algumas competem entre si; e há aquelas que convivem harmoniosamente, trocando benefícios. A vida na Terra depende precisamente da variedade das relações estabelecidas passo a passo ao longo do processo evolutivo.

Este capítulo trata dos variados tipos de relação entre os seres vivos. Conhecer as relações que as populações de seres vivos mantêm entre si e com o ambiente é um importante passo para preservá-las, em benefício de toda a humanidade.

1. Hábitat e nicho ecológico

O local onde vive determinada espécie ou comunidade biológica, incluindo as condições ambientais, constitui o **habitat**. Por exemplo, quando dizemos que certa espécie de peixe vive em riachos de água fria e bem oxigenada, ou que uma espécie de macaco vive na copa das árvores de uma floresta tropical, estamos nos referindo aos habitats dessas espécies.

Cada espécie de ser vivo tem um modo de vida único e peculiar no habitat, representado por atividades que vão desde os tipos de alimento que a espécie utiliza até suas condições de reprodução, moradia, hábitos, inimigos naturais, estratégias de sobrevivência etc. Esse conjunto de atividades que a espécie realiza em seu habitat constitui o **nicho ecológico** (Fig. 1).

O princípio da exclusão competitiva

Vamos supor que duas espécies de uma comunidade executem atividades semelhantes no ambiente em que vivem. Por exemplo, gafanhotos e roedores que vivem em um campo comem o mesmo tipo de capim; plantas de duas espécies que vivem próximas e lançam suas raízes na mesma região do solo. O que se pode esperar nesses casos?

A conclusão é que pode haver competição entre essas espécies, principalmente se os recursos disputados forem escassos. O cientista russo Georgyi F. Gause (1910-1986) testou essa hipótese em um clássico experimento: ao cultivar paraméciós (protozoários ciliados) de duas espécies diferentes – *Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum* – no mesmo tubo de cultivo, Gause verificou que a competição entre as duas espécies foi tão intensa que levou os protozoários da espécie *P. caudatum* à total extinção (Fig. 2).

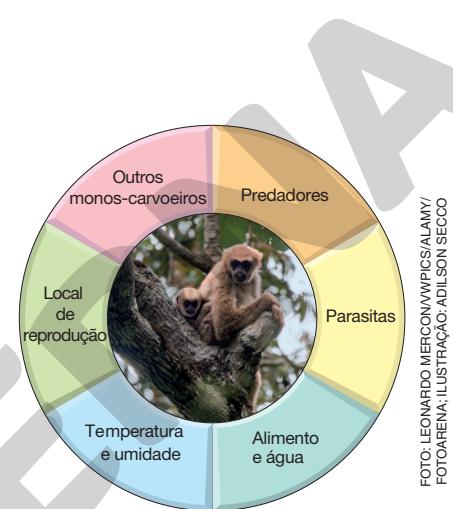
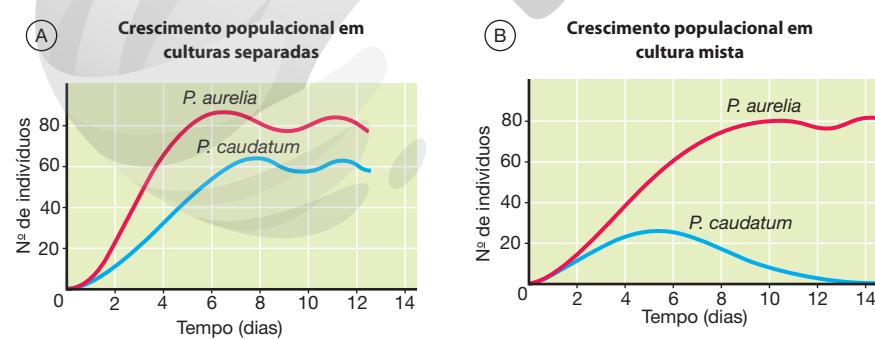


FOTO: LEONARDO MERCON/WIPISS/ALAMY/ FOTOARENA; ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

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

Figura 1 O nicho ecológico designa a posição funcional de um organismo em seu ambiente, compreendendo seu habitat, suas atividades e os recursos que ele explora. O nicho ecológico engloba todas as ações típicas de uma espécie no ambiente em que ela vive. Na fotografia, um mono-carvoeiro ou muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*), que chega a 132 cm de comprimento, no centro de um círculo que mostra alguns dos componentes do nicho ecológico dessa espécie.



Gause observou ainda que *P. caudatum*, que se extinguia quando criado com o *P. aurelia*, podia conviver no mesmo tubo de cultivo com outra espécie de paramécio, o *Paramecium bursaria*. O pesquisador concluiu que os nichos ecológicos dessas duas espécies de paraméciós deviam ser distintos o suficiente para evitar uma competição

Figura 2 Gráficos de crescimento das espécies de paramécio *Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*. (A) Curvas obtidas quando as duas espécies foram cultivadas separadamente. (B) Curvas obtidas quando as duas espécies foram cultivadas juntas no mesmo frasco. Gause concluiu que a diferença apresentada nos gráficos resulta da competição entre as duas espécies.

Fonte: adaptada de CHAPMAN, J. L.; REISS, M. J. *Ecology: principles and applications*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

Dialogando com o texto

Seu desafio, nesta atividade, é representar no caderno dois gráficos hipotéticos, semelhantes aos da Figura 2, porém reunindo as espécies *P. caudatum* e *P. bursaria*. Troque ideias sobre o assunto com os colegas e compare seus gráficos com os deles.

mais intensa, que levasse uma ou outra espécie à extinção. Segundo Gause, a convivência entre *P. caudatum* e *P. bursaria* foi possível porque, embora as duas espécies ocupem o mesmo habitat, elas exploram nichos ecológicos diferentes: enquanto *P. caudatum* vive livre no meio líquido, *P. bursaria* vive aderido às paredes do tubo.

Se duas espécies têm nichos ecológicos muito semelhantes, pensou Gause, elas não conseguem conviver em um mesmo habitat devido à severa competição que se estabelece entre elas, levando uma espécie a excluir a outra. Essa premissa ficou conhecida como **princípio da exclusão competitiva**, ou princípio de Gause.

Diversos estudos têm corroborado as conclusões de Gause. Por exemplo, os cientistas se perguntavam por que duas espécies de cormorões (cormorão-negro e cormorão-de-poupa), aves marinhas com cerca de 90 cm de comprimento, que fazem ninhos nas mesmas regiões da Inglaterra e se alimentam nas mesmas águas, conviviam perfeitamente no mesmo ambiente. Estudos mostraram que o cormorão-negro (*Phalacrocorax carbo*) mergulha mais profundamente no mar, alimentando-se de peixes e camarões, enquanto o cormorão-de-poupa (*Phalacrocorax aristotelis*) pesca em águas mais superficiais, alimentando-se de pequenos organismos do plâncton. Essas espécies conseguem compartilhar o mesmo habitat porque aspectos importantes de seus nichos ecológicos – o tipo e o local de alimentação – são suficientemente distintos, o que evita uma competição acirrada.

2. Relações ecológicas intraespecíficas

Em uma comunidade biológica, os organismos mantêm relações tanto com seres de sua própria espécie quanto com os de outras espécies. Essas interações, genericamente denominadas **relações ecológicas**, podem ser classificadas em relações intraespecíficas, quando ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, e relações interespecíficas, quando ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes.

Organismos de mesma espécie, por terem as mesmas necessidades fundamentais, quase sempre disputam os mesmos recursos do meio, fenômeno denominado competição intraespecífica. Há situações, entretanto, em que os membros da população se auxiliam mutuamente, trocando benefícios, o que se denomina cooperação intraespecífica.

Competição intraespecífica

Competição intraespecífica é a disputa entre indivíduos da mesma espécie por um ou mais recursos do ambiente. Dependendo da espécie, a competição pode ser por água, alimento, luz, locais para a construção de ninhos, parceiros para acasalamento etc.

Além da luta física por alimento ou por parceiros de acasalamento, a competição intraespecífica também se manifesta de outras maneiras; por exemplo, se um indivíduo da espécie for muito ativo e eficiente na obtenção de alimento, ele tende a levar vantagem competitiva sobre outro menos ativo, sobretudo se o alimento for escasso. Plantas com sistemas radiculares desenvolvidos e eficientes, em determinado tipo de ambiente, podem levar vantagem sobre plantas menos dotadas na competição por água e por nutrientes (Fig. 3).

Cooperação intraespecífica

Em certas espécies, os indivíduos estabelecem relações cooperativas, o que se denomina **cooperação intraespecífica**. Esse tipo de cooperação desempenha um importante papel no sucesso evolutivo de muitas espécies. Entre as relações cooperativas intraespecíficas destacam-se o cuidado com a prole e a formação de grupos sociais. A cooperação intraespecífica manifesta-se claramente nas colônias e nas sociedades, que veremos a seguir.



Figura 3 A competição por água entre plantas de deserto é evidenciada pela distribuição espaçada dos indivíduos da população. Na fotografia, deserto com plantas esparsas (Califórnia, EUA, 2019).

Colônias

Do ponto de vista biológico, **colônias** são grupos de indivíduos de mesma espécie, fisicamente unidos, que interagem de forma mutuamente vantajosa, dividindo funções ou tarefas. As colônias podem variar em níveis de complexidade e no grau de divisão de tarefas entre os indivíduos.

Algumas colônias são constituídas por indivíduos morfológica e funcionalmente semelhantes, sendo por isso denominadas **colônias isomorfas** (do grego *isos*, “igual”, “semelhante”, e *morpho*, “forma”). Um exemplo de colônia isomorfa é formada pela alga de água doce da espécie *Volvox sp.*, que pode reunir mais de 50 mil indivíduos unicelulares e biflagelados dispostos lado a lado, formando uma esfera oca dentro da qual podem se formar colônias menores, que ficam protegidas por certo tempo no interior da “colônia-mãe” (Fig. 4).

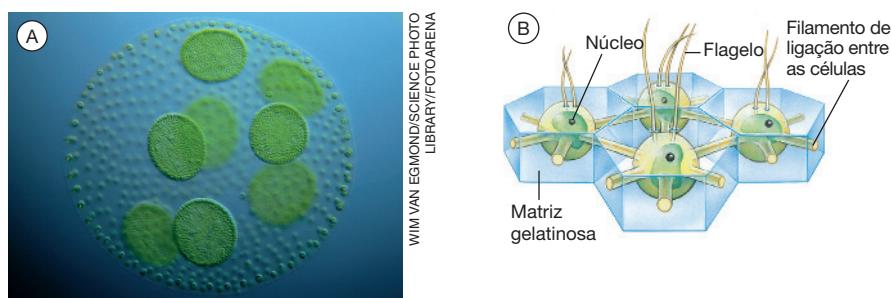


Figura 4 (A) Fotomicrografia de colônias da alga verde *Volvox aureus* dentro de uma colônia-mãe. (Microscópio fotônico; aumento $\approx 6\times$.) (B) Representação esquemática dos indivíduos biflagelados que formam a porção periférica das colônias. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Quando os indivíduos de uma colônia são diferentes morfológica e fisiologicamente, desempenhando funções distintas, fala-se em **colônia heteromorfa** (do grego *heteros*, “diferente”). Um exemplo é o cnidário marinho *Physalia physalis*, popularmente conhecido como caravela-portuguesa. A caravela é formada por diversos tipos de indivíduos intimamente associados. Um dos indivíduos da colônia é uma bolsa cheia de gás, responsável pela flutuação; outros têm boca e cavidade digestiva, sendo responsáveis pela alimentação; outros são longos e ricos em células urticantes, formando tentáculos que atuam na captura de presas e na proteção da colônia; e há ainda indivíduos responsáveis pela reprodução. Na caravela-portuguesa, a especialização de funções faz com que os membros da colônia comportem-se quase como órgãos de um único organismo (Fig. 5).



Figura 5 (A) Fotografia do cnidário colonial *Physalia physalis*, constituído por indivíduos altamente integrados; a bolsa de gás pode atingir 30 cm de comprimento. (B) Representação esquemática que mostra os indivíduos que compõem uma caravela-portuguesa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Sociedades

Sociedades são grupos de organismos de mesma espécie cujos indivíduos manifestam algum grau de cooperação, de comunicação e de divisão de trabalho, conservando, porém, relativa independência e mobilidade. É isso o que distingue sociedade de colônia: nesta última, como vimos no exemplo da caravela, os indivíduos são fisicamente unidos. Diversas espécies, entre as quais as formigas, as abelhas e os seres humanos, vivem em sociedade (Fig. 6).



Figura 6 As abelhas melíferas (*Apis mellifera*) vivem em uma sociedade bem organizada, com divisão de funções entre os indivíduos. No centro da fotografia, pode-se observar a abelha-rainha, cercada por um séquito de abelhas operárias. A rainha mede cerca de 2,5 cm, enquanto as operárias medem 1,3 cm, em média.

3. Relações ecológicas interespecíficas

Os especialistas classificam as relações ecológicas entre espécies diferentes – **relações interespecíficas** – em: competição interespecífica, interações tróficas, mutualismo, comensalismo e inquilinismo.

ILUSTRAÇÕES: OSWALDO SEQUETIN

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



Competição interespecífica

Em seus experimentos, Gause observou que se duas espécies de uma comunidade disputam os mesmos recursos do ambiente, seus nichos ecológicos se “sobrepõem” parcialmente e ocorre **competição interespecífica**. Quanto mais os nichos ecológicos das espécies se assemelham em aspectos importantes, mais intensa é a competição; isso pode levar uma das espécies à extinção ou forçá-la a migrar em busca de uma área disponível e com menos espécies competidoras.

Interações tróficas

Herbivoria

Herbivoria é a relação que se estabelece entre as plantas e os animais que delas se alimentam. Certos animais comem apenas partes das plantas, não chegando a matá-las. É o que ocorre, por exemplo, com mamíferos que se alimentam de grama e com larvas de insetos que comem folhas. Alguns animais se alimentam de sementes. Em qualquer dessas situações, do ponto de vista individual, há prejuízo para as plantas e benefício para os animais que as consomem.

A herbivoria é uma das mais importantes relações ecológicas da natureza, uma vez que, ao se alimentarem de plantas, os animais assimilam a energia captada da luz solar, que então é transferida para outros níveis tróficos das cadeias alimentares (Fig. 7).

Predação

Predação, ou predatismo, é a relação em que uma espécie predadora mata e come indivíduos de outra espécie, sua presa. Do ponto de vista individual, a espécie predadora se beneficia, enquanto a espécie predada é prejudicada. Do ponto de vista ecológico, entretanto, a predação é um importante mecanismo regulador da densidade populacional, tanto de presas como de predadores. A estreita correlação entre as flutuações no tamanho das populações de predadores e presas é importante para a sobrevivência de ambas.

A importância da predação como mecanismo regulador das populações naturais ficou evidente no início do século XX, quando foi proibida a caça ao veado *Odocoileus hemionus* no Planalto de Kaibab, nos Estados Unidos. Ao mesmo tempo, estimulou-se a perseguição aos predadores naturais dos veados – lobos, pumas e coiotes. Essas medidas fizeram com que a população de veados aumentasse rapidamente: em apenas 21 anos passou de 4 mil para 100 mil animais. Os campos de pastagem, porém, eram incapazes de suportar mais que 30 mil animais. Quando essa capacidade de suporte foi ultrapassada, os veados começaram a morrer de fome e de doenças e sua população diminuiu bruscamente.

Quinze anos após ter atingido o recorde de 100 mil indivíduos, a população de veados reduziu-se a menos de 10 mil animais. Os veados, famintos, passaram a comer as plantas de capim até as raízes, além de pisotear excessivamente o solo, afetando a capacidade de recuperação das pastagens. Por isso o capim não voltou a brotar como antes, mesmo depois da redução drástica da população de veados (Fig. 8).

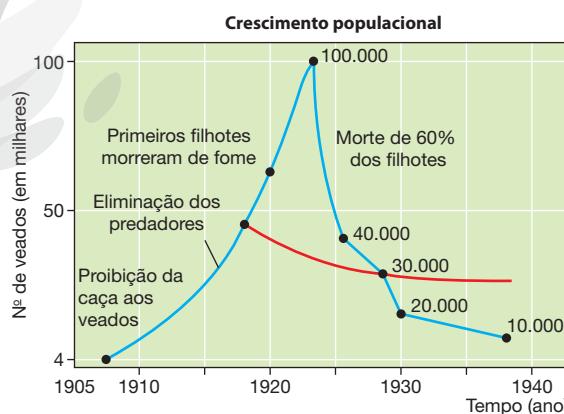


Figura 7 A herbivoria é a relação pela qual a energia dos produtores, originalmente captada da luz, é aproveitada pelos consumidores primários. Na foto, capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) com cerca de 120 cm alimentando-se de capim. Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Livros e filmes muitas vezes retratam animais carnívoros, que ocupam o topo das cadeias alimentares, como perigosos ou perversos. Nossa sugestão, nesta atividade, é que você reflita sobre o tema: os superpredadores devem ser eliminados das cadeias alimentares? Nessa linha, um filme emblemático é *Tubarão*, baseado em um livro de Peter Benchley (1940-2006) e dirigido por Steven Spielberg (1946-). Mesmo que você já tenha assistido ao filme ou lido o livro, vale a pena revê-los para executar esta atividade. Filmes como esses, de ficção, geralmente passam a mensagem de que os superpredadores são cruéis e traiçoeiros. Por outro lado, há filmes feitos por produtoras especializadas sobre a importância do papel dos predadores nas teias alimentares. Com base em todas essas informações, inclusive de sites especializados na internet, escreva com o seu grupo um texto curto, em estilo livre (jornalístico, em forma de crônica, poesia etc.), sobre o assunto, dando a ele um título conveniente. Combine com os professores a melhor forma de compartilhar os textos com os demais grupos. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Figura 8 No gráfico, a linha azul mostra o crescimento da população do veado *Odocoileus hemionus* no Planalto de Kaibab, no Arizona, Estados Unidos, após proibição da caça e campanha de combate a seus predadores naturais. Se os predadores não tivessem sido eliminados, a expectativa seria de que o tamanho da população de veados seguiria a linha vermelha. À esquerda, foto do veado *O. hemionus* com um filhote (o animal adulto mede cerca de 1,5 m de comprimento).

Fonte: adaptado de MITCHELLI, J. E.; FREEMAN, D. R. *Wildlife-livestock-fire Interactions on the North Kaibab: A Historical Review*, USDA Forest Service, General Technical Report, 1993.

Parasitismo

Parasitismo é uma relação ecológica em que uma espécie parasita vive à custa de uma espécie hospedeira, causando-lhe prejuízos. Em geral, as espécies parasitas e hospedeiras estão bem adaptadas umas às outras, de modo que a relação não causa prejuízos fatais ao parasitado. A tendência evolutiva de o parasita adaptar-se progressivamente ao hospedeiro, e vice-versa, é denominada **coadaptação**.

Organismos parasitas podem viver na superfície externa do hospedeiro, sendo chamados ectoparasitas (do grego *ectos*, "fora"), ou no interior do hospedeiro, sendo denominados endoparasitas (do grego *endos*, "dentro"). Exemplos de ectoparasitas são os piolhos e os carrapatos; exemplos de endoparasitas são as lombrigas, as solitárias, certas bactérias e os vírus (Fig. 9).



Parasitoidismo: parasitismo ou predação a longo prazo?

Um caso particular de parasitismo é o **parasitoidismo**, termo utilizado para designar a relação em que um organismo vive boa parte de sua vida dentro de um hospedeiro, parasitando-o. Em determinado momento, o hospedeiro é morto e consumido, como na predação.

Exemplos bem conhecidos de parasitoides são as vespas que põem ovos dentro de hospedeiros como aranhas e larvas de insetos. Após a eclosão dos ovos, as larvas das vespas passam a devorar os tecidos corporais vivos do hospedeiro, até que ele seja consumido totalmente. Ao final do processo, as larvas transformam-se em uma fase denominada pupa, que origina a vespa adulta (Fig. 10).

Plantas parasitas

Há plantas que parasitam outras plantas. Um exemplo é o cipó-chumbo, planta parasita de cor amarela, sem folhas nem clorofila, com aparência de fios de ovos, que cresce sobre outras plantas. Com suas raízes especializadas, o cipó-chumbo penetra no floema da planta hospedeira, de onde extraí seiva orgânica, da qual se alimenta.

A erva-de-passarinho é outra planta que parasita outras plantas. Diferentemente do cipó-chumbo, a erva-de-passarinho tem folhas clorofiladas e produz moléculas orgânicas por fotossíntese, retirando da planta hospedeira apenas água e sais minerais. Por extrair da hospedeira apenas substâncias inorgânicas, a erva-de-passarinho é considerada pelos botânicos **hemiparasita** (do grego *hemi*, "metade") (Fig. 11).



Dialogando com o texto

Reflita sobre a seguinte afirmação: "No parasitismo, se o parasita matar seu hospedeiro, ele também morrerá. A seleção natural, portanto, tende a favorecer relações de parasitismo mais brandas". Se esse raciocínio fosse levado ao extremo, em que tipo de relação o parasitismo tenderia a se transformar? Escreva um texto em seu caderno sobre isso depois de ler sobre as relações interespecíficas apresentadas adiante.

Figura 9 Exemplos de animais parasitas. (A) Carrapato da espécie *Dermacentor variabilis*, ectoparasita de animais, que mede aproximadamente 4 mm de comprimento. O parasita se alimenta do sangue do hospedeiro. (B) Solitária (*Taenia* sp.), verme endoparasita que habita o intestino humano e, que pode atingir alguns metros de comprimento. A tênia utiliza alimentos presentes no intestino do hospedeiro.



Figura 10 Exemplo de parasitoidismo entre larvas de vespa da família Braconidae e lagarta de mariposa da família Sphingidae. Após se desenvolverem no interior do corpo da lagarta, alimentando-se de tecidos vivos, as larvas do parasita saem para a superfície do corpo do hospedeiro e tecem seus casulos, que podem ser vistos sobre a lagarta. Os casulos contêm pupas, que se transformam em vespas adultas.

Figura 11 Exemplos de parasitismo em plantas. (A) Erva-de-passarinho (*Struthanthus flexicaulis*), que pode ser identificada na fotografia por suas folhas maiores (medem cerca de 10 cm de comprimento) e mais escuras que as do jacarandá-mimosa (*Jacaranda mimosaeifolia*, árvore com cerca de 15 m de altura), do qual extraí a seiva mineral. (B) O cipó-chumbo (*Cuscuta* sp.), de cor amarela e enrolado em uma planta hospedeira, extraí dela a seiva orgânica da qual se alimenta. A extração é feita por meio de raízes sugadoras denominadas haustórios.

Mutualismo

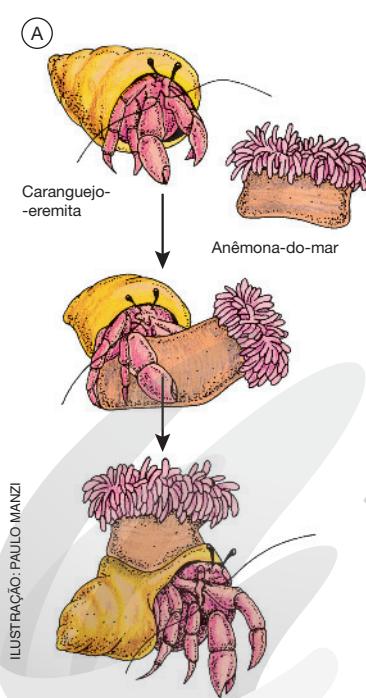
Mutualismo é uma relação ecológica em que ambas as espécies em interação obtêm benefícios. Os biólogos distinguem dois tipos de mutualismo: o facultativo e o obrigatório.

O **mutualismo facultativo**, também chamado de **protocooperação**, é uma relação ecológica em que as espécies associadas trocam benefícios, mas também podem viver sozinhas. A relação entre crustáceos do gênero *Pagurus*, os caranguejos-eremitas, e algumas espécies de anêmona-do-mar (cnidários) é um exemplo de mutualismo facultativo. Esses animais não vivem necessariamente juntos, mas é frequente encontrá-los em associação, o que é vantajoso para ambos.

O caranguejo-eremita ocupa conchas vazias de caramujos, nas quais protege seu abdome delicado, pois, diferentemente de outros caranguejos, ele não tem carapaça rígida nessa região do corpo. Uma vez instalado em sua concha-moradia, o caranguejo-eremita a arrasta consigo para onde for, abandonando-a apenas ao trocá-la por outra maior. Sobre as conchas ocupadas por caranguejos-eremitas é frequente haver fixadas uma ou mais anêmonas-do-mar; esses cnidários beneficiam-se da associação com o caranguejo por ganharem mobilidade e aproveitarem eventuais sobras de alimento do crustáceo. Este, por sua vez, se beneficia da capacidade defensiva das anêmonas-do-mar, cujos tentáculos têm células urticantes capazes de provocar queimaduras em eventuais inimigos.

Outro exemplo de protocooperação é a relação entre alguns mamíferos – capivaras, búfalos, rinoconientes etc. – e aves que comem os carrapatos que os infestam. Há vantagens tanto para o mamífero, que se livra dos incômodos ectoparasitas, quanto para o pássaro, que obtém alimento com relativa facilidade. Crocodilos também convivem cooperativamente com aves que entram em sua boca, de onde removem detritos e sanguessugas presos às gengivas (Fig. 12).

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



WARREN PHOTOGRAPHIC



Figura 12 Exemplos de protocooperação. (A) Representação esquemática de um caranguejo-eremita colocando deliberadamente uma anêmona-do-mar sobre a concha onde mora. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) (B) Caranguejo-eremita (*Dardanus calidus*) dentro da concha que lhe serve de abrigo, sobre a qual há anêmonas-do-mar da espécie *Calliactis parasitica*. O caranguejo mede cerca de 12 cm. (C) Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), que chega a mais de 1,30 m de comprimento, tendo sobre a cabeça a ave suiriri-cavaleiro (*Machetornis rixosis*, com cerca de 18 cm de comprimento), que se alimenta de carrapatos presentes na capivara. (D) Pássaro (*Pluvianus aegyptius*, em média 20 cm de comprimento) que se alimenta de detritos e eventuais parasitas presentes na boca do crocodilo (*Crocodylus niloticus*, que atinge cerca de 4 m de comprimento).

Mutualismo obrigatório é um tipo de relação permanente e indispensável à sobrevivência dos indivíduos associados. Um exemplo desse tipo de mutualismo é a interação entre certas espécies de cupim e microrganismos – bactérias e protozoários – que habitam seu intestino. Os cupins alimentam-se de madeira, mas são incapazes de digerir seu principal componente, a celulose. A digestão desse carboidrato é realizada por microrganismos que vivem exclusivamente no tubo digestivo desses insetos.

Outro exemplo de mutualismo obrigatório são os **líquens**, formados pela associação de certas espécies de algas verdes ou de bactérias fotossintetizantes com determinadas espécies de fungos. Por meio da fotossíntese, a alga ou a bactéria produz matéria orgânica, utilizada pelo fungo; este, por sua vez, é capaz de absorver do ambiente água e nutrientes, que seus parceiros fotossintetizantes aproveitam. O líquen sobrevive em locais onde nenhuma das duas espécies que o formam poderia sobreviver isoladamente.

Um terceiro exemplo de mutualismo obrigatório é a **micorriza** (do grego, *mycos*, "fungo", e *rhizos*, "raiz"), associação entre determinados fungos e raízes de plantas. As hifas dos fungos penetram nas raízes, das quais obtêm carboidratos como glicose e sacarose. A planta, por sua vez, beneficia-se da grande capacidade do fungo de absorver água e nutrientes minerais do solo (Fig. 13).

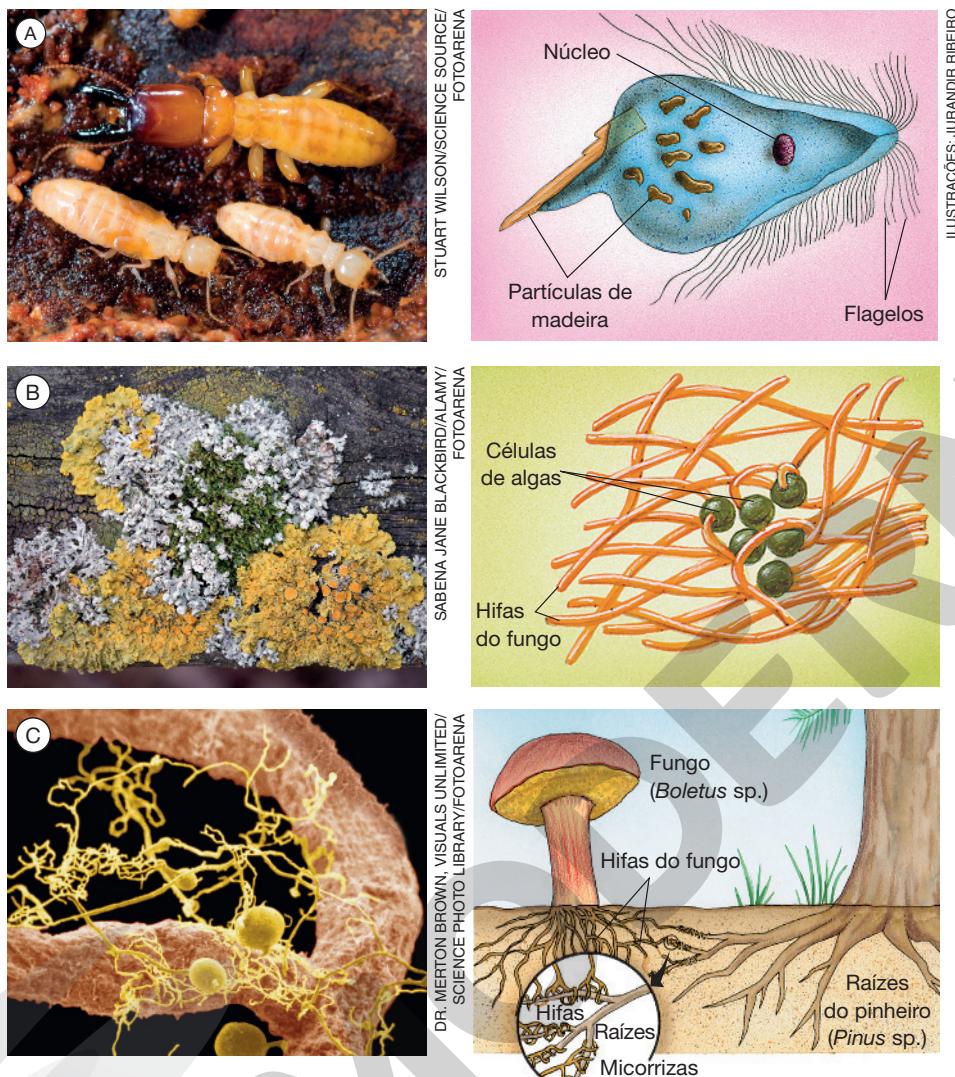


Figura 13 Exemplos de mutualismo. (A) Certas espécies de cupim, como a da foto (*Zootermopsis angusticollis*, com cerca de 1 mm de comprimento), abrigam em seu tubo digestivo bactérias e protozoários flagelados. Ao lado da foto, representação esquemática do protozoário do gênero *Trichonympha*, que vive no intestino de cupins. (B) Líquens das espécies *Xanthoria parietina* e *Physcia tenella* sobre o tronco de uma árvore. Esses líquens medem cerca de 10 cm de diâmetro. Ao lado da foto, representação esquemática da relação entre células de uma alga verde e o fungo no líquen. (C) Fotomicrografia de raízes de soja (*Glycine max*) envoltas por fungos formando micorrizas. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento $\approx 150\times$; cores meramente ilustrativas.) Ao lado da foto, representação esquemática da associação de um fungo com as raízes de uma planta na micorriza. A planta recebe água e sais minerais que o fungo extrai do solo; o fungo utiliza substâncias orgânicas produzidas pela planta. (Ilustrações à direita fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Comensalismo e inquilinismo

Comensalismo é o tipo de relação em que uma das espécies associadas é beneficiada, enquanto a outra não tem prejuízos nem benefícios. O principal recurso buscado pelo comensal, como o nome sugere, é alimento. Um exemplo conhecido de comensalismo é a associação entre a rêmora (ou peixe-piloto) e o tubarão. A rêmora tem uma estrutura dorsal aderente, semelhante a uma ventosa, com a qual se prende ao corpo do tubarão. Este proporciona transporte e restos de alimento para a rêmora e parece não se importar com sua presença.

A relação entre abutres e animais carnívoros também é um tipo de comensalismo. Os abutres acompanham os carnívoros a distância, servindo-se dos restos da caça deixados pelos predadores (Fig. 14).

Inquilinismo é a relação em que uma espécie “inquilina” vive sobre uma espécie hospedeira, ou dentro dela, sem prejudicá-la. O principal recurso buscado pelo inquilino, como o nome sugere, é abrigo e moradia. Várias espécies de orquídeas, bromélias e samambaia vivem sobre outras plantas maiores que lhes servem de suporte. Nesses casos, as espécies inquilinas são denominadas **epífitas** (do grego *epi*, “sobre”, e *phytos*, “planta”). A vantagem de crescer sobre plantas mais altas é obter maior suprimento de luz para a fotossíntese, principalmente em ambientes pouco iluminados, como o interior das florestas.



O conceito de simbiose

Em 1879 o biólogo alemão Heinrich Anton de Bary (1831-1888) criou o termo **simbiose** (do grego *syn*, “juntos”, e *bios*, “vida”) para designar associações entre indivíduos de espécies diferentes com consequências vantajosas ou desvantajosas para pelo menos uma das partes.

Segundo a definição original, relações como inquilinismo, comensalismo, mutualismo e parasitismo seriam casos de simbiose. No entanto, o termo simbiose tem sido utilizado frequentemente como sinônimo de mutualismo. Além disso, alguns autores definem simbiose como uma associação entre indivíduos de espécies diferentes em que um vive dentro do outro ou sobre o outro. Por isso, é preciso estar atento à utilização do termo.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Algumas espécies de formigas defendem pulgões de seus predadores naturais. Esse comportamento aparentemente inusitado tem uma explicação: se devidamente estimulados, os pulgões produzem gotículas ricas em açúcares extraídos da seiva vegetal, que servem de alimento às formigas. Alguns cientistas denominam essa relação de **esclavagismo**, como se as formigas transformassem pulgões em seus “escravos”. Analisando essa relação pelo aspecto da reciprocidade, como ela poderia ser classificada? Pesquise o assunto e escreva suas considerações no caderno.

Figura 14 Exemplos de comensalismo.

(A) Rêmoras (peixes da família Echeneidae) “pegam carona” em um tubarão-limão (*Negaprion brevirostris*). O tubarão-limão pode chegar a 3 m de comprimento e as rêmoras, a 90 cm.

(B) Abutres-de-costas-brancas (*Gyps africanus*) são comensais habituais de felinos como os guepardos (*Acinonyx jubatus*) e outros carnívoros africanos. Os abutres e os guepardos medem, respectivamente, cerca de 80 cm e 1,3 m de comprimento.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Nicho ecológico é
 1. b) a parte da comunidade biológica representada por seres vivos.
 - b) o conjunto de relações de uma espécie no habitat.
 - c) o local do biótopo em que vive a espécie.
 - d) o mesmo que biocenose.
 - e) o mesmo que habitat.
2. O princípio da exclusão competitiva de Gause
 2. b) refere-se a que relação ecológica?
 - a) Comensalismo.
 - b) Competição interespecífica.
 - c) Competição intraespecífica.
 - d) Mutualismo.
 - e) Protocooperação.
 3. “Um pequeno pássaro, conhecido por paliteiro,
 3. d) entra sem medo na boca do crocodilo do Rio Ganges, removendo sanguessugas e detritos das gengivas do réptil. O crocodilo não come o pás-
 4. Térmitas são organismos que vivem em grandes cidades construídas de barro, chamadas popularmente de “cupinzeiros”. Os indivíduos de um cupinzeiro repartem funções e todos cooperam para o bem-estar do grupo. Qual das relações ecológicas melhor se aplica à associação que ocorre entre as térmitas?
 - a) Colônia.
 - b) Nicho ecológico.
 - c) Protocooperação.
 - d) Mutualismo.
 - e) Sociedade.

Resumo das relações ecológicas interespecíficas

Apresentamos a seguir um resumo (Tab. 1) das relações interespecíficas estudadas neste capítulo. Os efeitos da relação entre os indivíduos das espécies relacionadas são representados pelo sinal (+), quando há ganho ou vantagem, pelo sinal (-), quando há perda ou desvantagem, e pelo número (0), quando não há vantagem nem desvantagem. Lembre-se de que esse critério visa apenas caracterizar a relação em termos de perdas ou ganhos individuais. Como enfatizamos no capítulo, relações como a predação, a competição e o parasitismo, em que há prejuízos para os indivíduos, podem trazer benefícios para populações, comunidades e ecossistemas.

TABELA 1 – RELAÇÕES ECOLÓGICAS INTERESPECÍFICAS

TIPO DE RELAÇÃO	EFEITOS SOBRE OS INDIVÍDUOS PARTICIPANTES	
	ESPÉCIE A	ESPÉCIE B
Competição	–	–
Interações tróficas (herbivorismo, predação e parasitismo)	+	–
Mutualismo	+	+
Comensalismo	+	0
Inquilismo	+	0

Nem sempre é fácil caracterizar as relações entre os seres vivos. Os biólogos procuram utilizar determinados critérios lógicos para facilitar esse estudo, mas nem sempre eles correspondem à diversidade da natureza. Em certos casos, é difícil estabelecer a diferença entre inquilinismo e comensalismo. Certas espécies de peixe-palhaço, por exemplo, encontram abrigo e proteção entre os tentáculos de anêmonas-do-mar. Essa relação seria caracterizada, em princípio, como inquilinismo. Entretanto, se os peixes-palhaço se aproveitam de restos da alimentação da anêmona, além de utilizá-la como abrigo, poderíamos classificar a relação como comensalismo? Pense nisso.

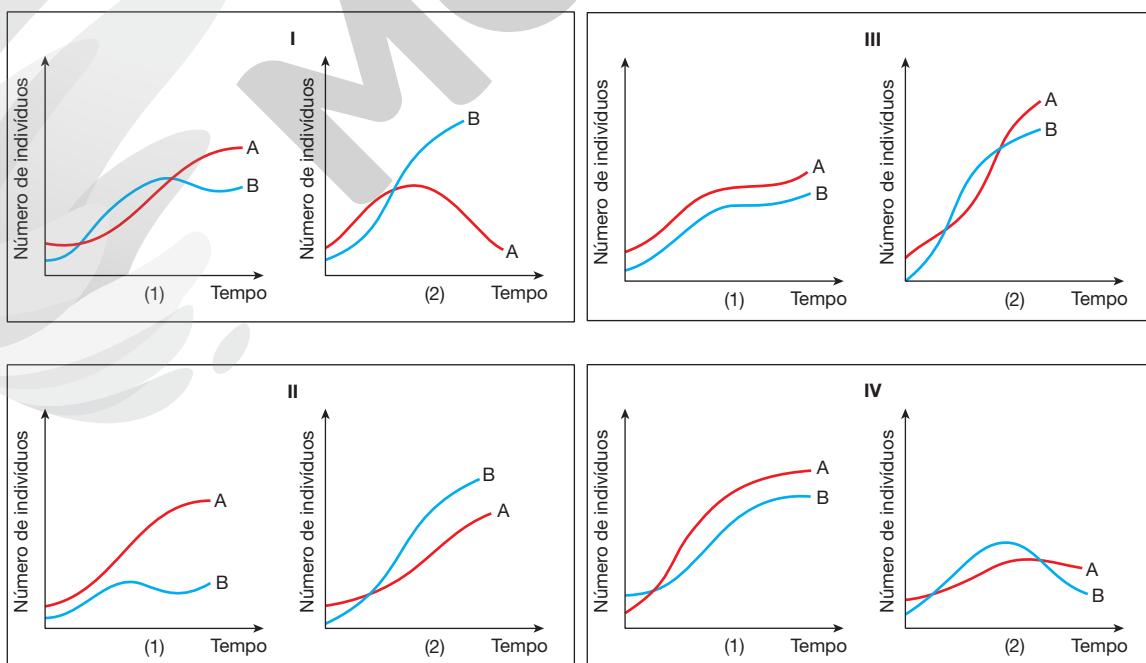
Atividades finais



Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Apresentar variáveis em forma de gráfico facilita a análise e a interpretação de muitos fenômenos. A seguir, em cada um dos quadros identificados por um algarismo romano, há dois gráficos: o da esquerda (1) representa as curvas de crescimento de duas espécies quando separadas e o da direita (2), quando elas estão juntas. Em todos os casos, as condições do meio são ótimas para as espécies.

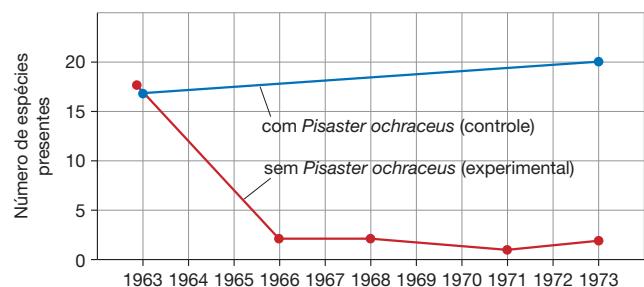
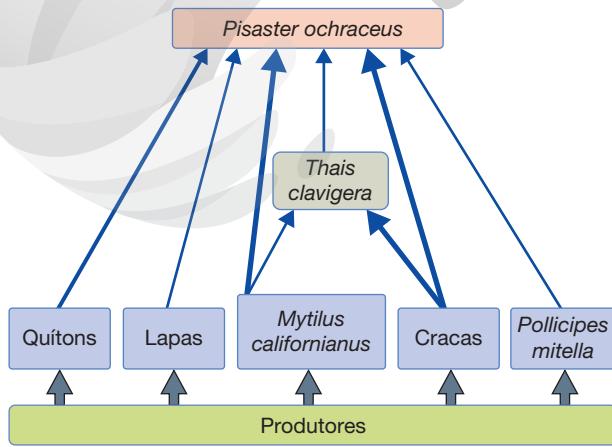


Qual dos quadros – I, II, III ou IV – corresponde a cada relação ecológica mencionada a seguir? Justifique as escolhas com frases curtas. I-b; II-a; III-d; IV-c.

- a) Comensalismo.
- b) Predação.
- c) Competição.
- d) Protocooperação.

2. Certos insetos, entre os quais abelhas e vespas, visitam flores coletando pólen e néctar, utilizados como alimento para as colmeias. Ao visitar diversas flores durante seu trabalho, os insetos transportam pólen de uma flor para outra, atuando como agentes polinizadores que auxiliam na reprodução das plantas. Certas espécies de planta são altamente adaptadas a determinadas espécies de inseto polinizador e dependem exclusivamente delas para se reproduzir. Em outras plantas, a polinização pode ser feita por diversas espécies de inseto e até mesmo pelo vento. Como você classificaria o tipo de interação entre os insetos polinizadores e as plantas por eles polinizadas? Considere, em sua análise, tanto os casos em que o agente polinizador é altamente específico para a espécie vegetal, com alta interdependência, como os casos em que não há essa especificidade.
3. (Unifesp) Na costa oeste da América do Norte, as comunidades marinhas que ocupam a zona rochosa entremarés são biologicamente diversas. Nessa zona, ocorrem mexilhões da espécie *Mytilus californianus*, que é dominante e concorre fortemente por espaço com as demais espécies presentes. A estrela-do-mar *Pisaster ochraceus* é o principal predador de *Mytilus californianus*, além de outros organismos, como ilustra a teia alimentar em que a espessura das setas é proporcional à frequência de alimentação. Robert Paine, pesquisador da Universidade de Washington, realizou um experimento no qual examinou o efeito da remoção de *Pisaster ochraceus* sobre o número das demais espécies presentes nessa zona ao longo de dez anos. Os resultados são apresentados no gráfico.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO



- a) Em qual nível trófico da teia alimentar a energia química disponível é menor? Justifique sua resposta.
- b) Por que a retirada de *Pisaster ochraceus* interferiu no número de espécies presentes na zona entremarés em que o experimento foi realizado?

4. O texto a seguir resume os resultados de pesquisadoras brasileiras sobre uma importante questão ambiental.

“Uma equipe de pesquisadoras brasileiras usou duas espécies de liquens como ferramenta para avaliar a qualidade do ar da área urbana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. O estudo, divulgado em janeiro de 2012 na publicação científica *Environmental Pollution*, avaliou as alterações causadas pela poluição na fisiologia e na morfologia de exemplares de *Parmotrema tinctorum* e de *Teloschistes exilis*. Nesses organismos, que são simbioses entre uma espécie de fungo e uma de alga, foram detectados metais pesados como cádmio, mercúrio, zinco e chumbo, além de enxofre, resultado da queima de combustíveis fósseis e prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. ‘Os liquens absorvem da água e do ar os nutrientes para seu desenvolvimento. Se há algum poluente no ar, ele também é absorvido pelos liquens e se aloja em suas células, podendo até ser metabolizado’. (‘Liquens são usados como biomonitor de poluição em Porto Alegre’. Pesquisa Fapesp, 29 fev. 2012. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/liquens-s%C3%A3o-usados-como-biomonitor-de-polui%C3%A7%C3%A3o-em-porto-alegre/>> Acesso em: 1º nov. 2012.)

De acordo com o assunto do texto, foram feitas algumas afirmações:

- I. Metais pesados podem acumular-se na biomassa ao longo de uma cadeia alimentar.
- II. Metais pesados podem causar mortes em seres aquáticos, mas não causam problemas em humanos.
- III. A presença de metais pesados nos liquens mostra que eles estão mudando a maneira de metabolizar poluentes.
- IV. Os metais pesados achados nos liquens advêm exclusivamente da poluição lançada na atmosfera por certos processos industriais.

Quais afirmações estão corretas? **Apenas I.**

Fonte: BRAINLY. Disponível em: <<https://brainly.com.br/tarefa/6901995>>. Acesso em: 8 maio 2020. (Adaptado.)

COEXISTÊNCIA DE REAGENTES E PRODUTOS: EQUILÍBRIO QUÍMICO



ALE RIBEIRO/SHUTTERSTOCK

Os fertilizantes nitrogenados, como nitrito de amônio, são obtidos por meio de reações químicas envolvendo a amônia. Eles são responsáveis por fornecer às plantas nutrientes contendo o elemento químico nitrogênio. (Pulverização de solução aquosa de nutrientes em plantação, Mogi das Cruzes, SP, 2009.)

A amônia (NH_3) é um gás incolor em condições ambientais 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.

Neste capítulo, vamos estudar que, na reação da síntese industrial de amônia, reagentes e produtos podem coexistir em um estado denominado equilíbrio químico. Além disso, outras reações que estabelecem equilíbrio químico serão estudadas e, a partir de exemplos, veremos que, à temperatura constante, as concentrações de reagentes e produtos não se alteram ao longo do tempo quando uma reação está em equilíbrio químico. Essa constância das concentrações, nessas circunstâncias, deve-se ao fato de a rapidez com que reagentes se transformam em produtos e a rapidez com que produtos se transformam em reagentes serem iguais.

De olho na BNCC:

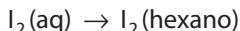
- **EM13CNT101**
- **EM13CNT205**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT307**
- **EM13CNT310**
- **EM13MAT101**
- **EM13MAT103**
- **EM13CHS302**
- **EM13MAT314**

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.

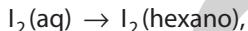
Se hexano for adicionado ao sistema anteriormente descrito (Fig. 1.A), constituirá uma fase superior (Fig. 1.B). Nos instantes seguintes, verifica-se o surgimento de coloração violeta nessa fase, que se intensifica com o passar do tempo (Fig. 1.C). Isso é explicado pela passagem de iodo, da fase aquosa para a fase orgânica, que pode ser assim representada:



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.

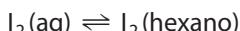
Essa constância das concentrações é atribuída à ocorrência simultânea de dois processos, a transferência de iodo da fase inferior para a superior,



e a transferência de iodo da fase superior para a inferior,



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:



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}I), que não é radioativo, mas existe um isótopo radioativo, o iodo-131 (^{131}I), que é produzido artificialmente para uso em diagnósticos médicos e estudos laboratoriais (Fig. 2).

Se uma pequenina amostra de I_2 radioativo, 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.

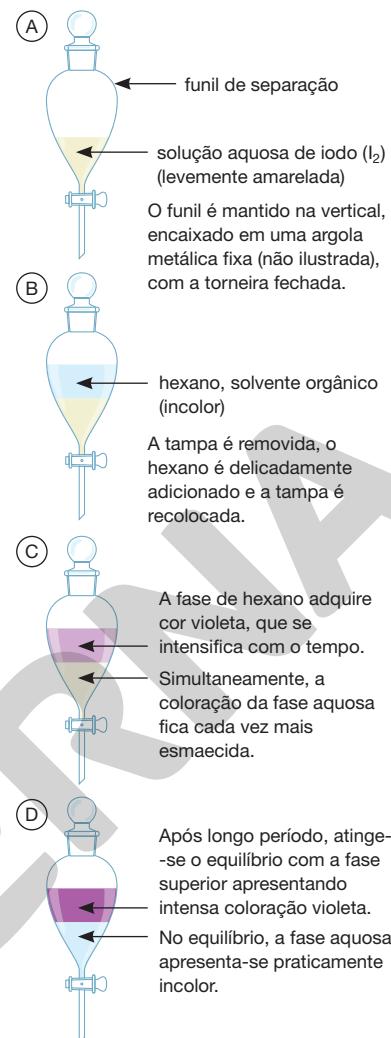


Figura 1 Esquematização do experimento comentado no texto, em que iodo se distribui entre uma fase aquosa e uma fase de hexano. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



UNIVERSITY OF ARKANSAS AT LITTLE ROCK

Figura 2 A química estadunidense Mary Lowe Good (1931-2019), em foto da década de 2000. Entre outras contribuições, utilizou o isótopo radioativo iodo-131 para estudar a distribuição de iodo molecular (I_2) em equilíbrio entre duas fases. Good 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.

2. Concentração em quantidade de matéria

Uma quantidade de referência usada como ponto de partida para diversos raciocínios quantitativos em Química é o **mol**, que corresponde a $6,0 \cdot 10^{23}$ unidades: 1 mol de átomos são $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos, 1 mol de moléculas são $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas e 1 mol de íons são $6,0 \cdot 10^{23}$ íons.

No Sistema Internacional, o mol é a unidade da grandeza **quantidade de matéria** (*n*). Quando expressamos essa grandeza, estamos dizendo, por exemplo, quantos mols de átomos, de moléculas ou de íons existem em certa amostra. A quantidade de matéria pode ser determinada conhecendo-se a **massa** (*m*) da amostra e a **massa molar** (*M*) da espécie química em questão, que é a massa de 1 mol dessa espécie (por exemplo, átomos, moléculas ou íons), obtida por consulta à tabela periódica (leia o boxe *Dialogando com o texto*, ao lado).

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

em que: *n* = quantidade de matéria (unidade: mol)
m = massa da amostra (unidade: g)
M = massa molar (unidade: g/mol ou g · mol⁻¹)

Como exemplo, determinemos a *quantidade de matéria de um elemento químico na forma de substância simples*, considerando uma amostra de 20 g de hélio (He). A tabela periódica informa que a massa atômica do elemento químico hélio é 4,0 u e, consequentemente, a massa molar desse elemento químico é 4,0 g/mol. Para determinarmos a quantidade de matéria em 20 g de hélio, realizamos o seguinte cálculo:

$$n(\text{He}) = \frac{m(\text{He})}{M(\text{He})} = \frac{20 \text{ g}}{4,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n(\text{He}) = 5,0 \text{ mol}$$

O significado desse resultado é que 20 g de hélio correspondem a 5,0 vezes a massa de 1 mol de He, ou seja, há $5,0 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de He nessa amostra.

Como outro exemplo, vejamos como determinar a *quantidade de matéria de uma substância molecular*, considerando 110 g de dióxido de carbono (CO₂). Uma molécula de CO₂ é constituída de um átomo de carbono (de massa 12 u) e dois átomos de oxigênio (cada um de massa 16 u). Então, a massa molecular do CO₂ é: 12 u + 2 · (16 u) = 44 u e, consequentemente, sua massa molar é 44 g/mol. Para saber a quantidade de matéria em 110 g de dióxido de carbono, o cálculo é:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{110 \text{ g}}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \Rightarrow n(\text{CO}_2) = 2,5 \text{ mol}$$

Esse resultado indica que 110 g de dióxido de carbono correspondem a 2,5 vezes a massa de 1 mol de CO₂ e, nessa amostra, há $2,5 \cdot 6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de CO₂.

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 escrevendo a fórmula da espécie entre colchetes:

$$[\text{espécie}] = \frac{n}{V}$$

Digamos que um frasco de 10 L contenha 20 g de gás hélio (5,0 mol) e 110 g de dióxido de carbono gasoso (2,5 mol). Para determinar a concentração em quantidade de matéria de cada uma dessas duas espécies químicas, dividimos a quantidade de matéria de cada uma pelo volume ocupado pela mistura:

$$[\text{He}] = \frac{n(\text{He})}{V} = \frac{5,0 \text{ mol}}{10 \text{ L}} \Rightarrow [\text{He}] = 0,50 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{n(\text{CO}_2)}{V} = \frac{2,5 \text{ mol}}{10 \text{ L}} \Rightarrow [\text{CO}_2] = 0,25 \text{ mol/L}$$

Dialogando com o texto

Se a massa de um parafuso é 5 g, então quantos parafusos iguais a esse terão massa 5 kg? Como o quilograma (kg) corresponde a 10^3 (mil) vezes o grama (g), então 5 kg são a massa de mil parafusos.

Agora, pensemos nisto:

- Como informa a **tabela periódica** (há uma no final do livro, **consulte-a sempre que necessário**), a massa de um único átomo de hélio (He) é 4,0 u, em que **u** representa a unidade de massa atômica unificada. Quantos átomos de hélio têm massa 4,0 g?
- Uma única molécula de dióxido de carbono (CO₂) tem massa igual a $12 \text{ u} + 2 \cdot 16 \text{ u} = 44 \text{ u}$. Quantas moléculas de CO₂ têm massa 44 g?

Podemos responder se soubermos a correspondência entre a unidade de massa atômica unificada (u) e o grama (g), que é:

$1 \text{ g} = 6,022140858 \cdot 10^{23} \text{ u}$, frequentemente aproximada para:

$$1 \text{ g} = 6,0 \cdot 10^{23} \text{ u}.$$

Então, como 1 grama é $6,0 \cdot 10^{23}$ (seiscentos sextilhões) vezes 1 u, podemos concluir que:

- 4,0 g é a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ átomos de hélio (1 mol de átomos);
- 44 g é a massa de $6,0 \cdot 10^{23}$ moléculas de dióxido de carbono (1 mol de moléculas).

Assim, dizemos que a **massa molar** do elemento químico hélio é $M(\text{He}) = 4,0 \text{ g/mol}$, e a **massa molar** da substância dióxido de carbono é $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

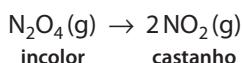
Considere que o sistema em equilíbrio da Figura 1.D, a 20 °C, consiste de 100 mL de água com $6,40 \cdot 10^{-4}$ g de I₂ nela dissolvidos e 100 mL de hexano com $2,54 \cdot 10^{-2}$ g de I₂ nele dissolvidos. Sabendo que a massa molar do iodo é $M(\text{I}_2) = 254 \text{ g/mol}$, qual é a concentração em quantidade de matéria (mol/L) da espécie química I₂ em cada uma das duas fases em equilíbrio? Registre o raciocínio no caderno e debata com os colegas para ver se há consenso.

3. Equilíbrio químico

No Item 1, mostramos um exemplo de sistema que, a partir de uma situação inicial, passou por modificações no transcorrer do tempo até que se estabelecesse equilíbrio dinâmico entre iodo aquoso e iodo em hexano.

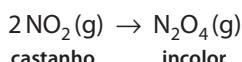
A ocorrência de equilíbrio dinâmico entre os reagentes e os produtos de uma reação química é bastante frequente e de grande relevância para a compreensão de diversos fenômenos químicos. Para abordá-la, consideremos dois experimentos.

Em um deles, realizado à temperatura fixa de 100 °C, coloca-se 1,00 mol de N₂O₄ gasoso (composto químico incolor) em um recipiente de 1,00 L. Nessas condições, o N₂O₄ transforma-se em NO₂, substância gasosa de coloração castanha:



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 NO₂ produzido, ainda resta N₂O₄ dentro do recipiente (Fig. 3).

Em outro experimento, também à temperatura constante de 100 °C, colocam-se 2,00 mol de NO₂ 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 NO₂ em N₂O₄:



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 N₂O₄ e NO₂ (Fig. 4).

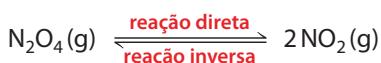
Comparando os resultados dos dois experimentos, pode-se perceber que, à temperatura de 100 °C, tanto o sistema contendo inicialmente 1,00 mol/L de N₂O₄ (primeiro experimento) quanto aquele inicialmente constituído por 2,00 mol/L de NO₂ (segundo experimento) alteram-se ao longo do tempo e convergem para uma situação final na qual há 0,74 mol/L de N₂O₄ e 0,52 mol/L de NO₂. Nem a transformação de N₂O₄(g) em NO₂(g) nem a transformação de NO₂(g) em N₂O₄(g) se processaram completamente nessas condições.

Se, ao realizar esses dois experimentos, for empregado equipamento adequado para medir a concentração (em mol/L) de N₂O₄(g) e de NO₂(g) em diferentes instantes, podem ser construídos gráficos dessas concentrações (representadas, respectivamente, por [N₂O₄] e [NO₂]) em função do tempo (Fig. 5).

Nos dois experimentos, foi atingida uma situação de **equilíbrio químico** entre N₂O₄ e NO₂, assim representada:



Quando esse equilíbrio químico é estabelecido, **as concentrações de reagente e de produto permanecem constantes porque tanto a reação direta, N₂O₄(g) → 2NO₂(g), quanto a reação inversa, 2NO₂(g) → N₂O₄(g), ocorrem com a mesma rapidez**.



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, N₂O₄(g), e o produto, NO₂(g), **coexistem** (existem simultaneamente) em uma única fase gasosa existente dentro do recipiente.

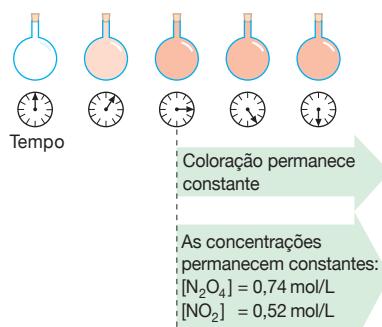


Figura 3 Esquema do primeiro experimento do texto, que começa com N₂O₄. (Tempo em unidade arbitrária. Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

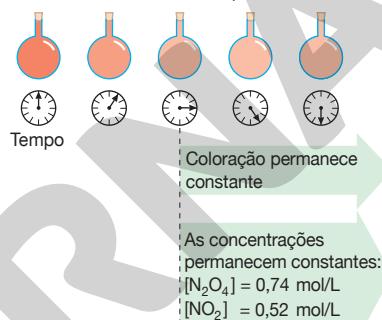


Figura 4 Esquema do segundo experimento do texto, que começa com NO₂. (Tempo em unidade arbitrária. Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

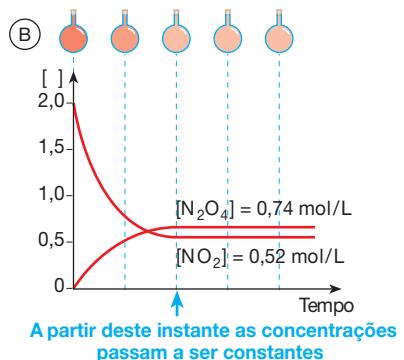
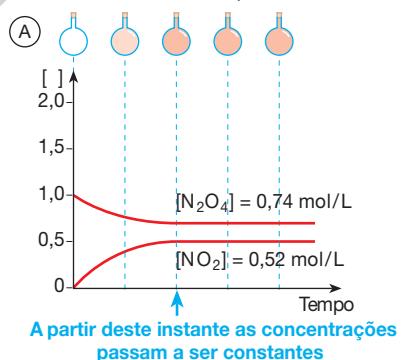


Figura 5 Gráficos de concentração, em mol/L, em função do tempo, em unidades arbitrárias, para o primeiro (A) e o segundo (B) experimentos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

4. 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 6, 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 N₂O₄ em NO₂ ou do NO₂ em N₂O₄, expressa no eixo das abscissas (horizontal). Cada ponto na curva representa uma diferente mistura de N₂O₄(g) e NO₂(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.

Assim, a explicação para o estabelecimento do equilíbrio químico, nos dois experimentos comentados, 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 N₂O₄(g) ⇌ 2 NO₂(g) a partir de diferentes concentrações iniciais de N₂O₄(g) e/ou de NO₂(g), a 100 °C.

Tabela 1 Dados de diferentes experimentos, realizados a 100 °C, em que se estabelece o equilíbrio N₂O₄(g) ⇌ 2 NO₂(g)

Experimento	No início		No equilíbrio		Resultado de $\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{equilíbrio}}}$
	[N ₂ O ₄] _{inicial} (mol/L)	[NO ₂] _{inicial} (mol/L)	[N ₂ O 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

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.

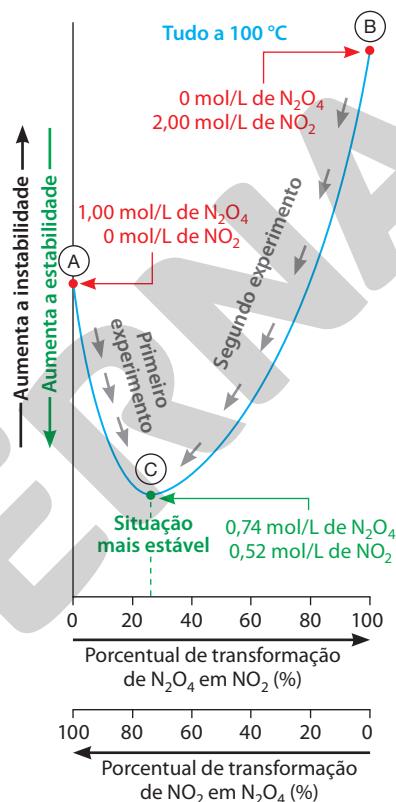


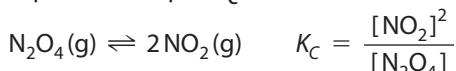
Figura 6 Representação gráfica do avanço para o equilíbrio (a 100 °C) nos dois experimentos comentados no texto. O texto também explica o significado dos pontos A, B e C destacados.

Fonte consultada: ATKINS, P. W. et al. *Physical Chemistry*. 11. ed. Oxford: Oxford University Press, 2018.

Interprete a tabela com os estudantes. Evidencie que dois dos experimentos (os das linhas 1 e 6) correspondem àquelas anteriormente discutidas 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 $\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$, realizado com **valores do equilíbrio**, fornece resultado constante, que é a **constante de equilíbrio** da reação N₂O₄(g) ⇌ 2 NO₂(g), a 100 °C.

Fonte consultada: MASTERTON, W. L. et al. *Princípios de Química*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

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 apresentar 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 $[\text{NO}_2]$ e $[\text{N}_2\text{O}_4]$ 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 .



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 $[\text{NO}_2]^2/[\text{N}_2\text{O}_4]$ 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:



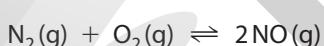
em que A e B são as fórmulas que representam os reagentes, C e D são as fórmulas que representam os produtos, e a , b , c e d são os coeficientes estequiométricos da equação corretamente balanceada, a expressão matemática da constante de equilíbrio em função das concentrações é:

$$K_C = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

[C] e [D]: concentrações, em mol/L, dos **produtos** no equilíbrio

[A] e [B]: concentrações, em mol/L, dos **reagentes** no equilíbrio

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 .



$$K_C = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{O}_2]}$$



$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

As concentrações que aparecem em K_C têm unidade mol/L. Assim, dependendo da expressão matemática, a constante de equilíbrio, *tal como definida acima*, pode ter diferentes unidades, tais como $(\text{mol/L})^2$, $(\text{mol/L})^1$ ou $(\text{mol/L})^{-1}$.*

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^Φ .

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.

Tabela 2 Valores numéricos de K_C para a reação $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$

$T(\text{K})^*$	$T(\text{°C})$	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: $T/K = T/\text{°C} + 273$.

Fontes consultadas: MASTERTON, W. L. et al. *Op. cit.*; MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. *Chemistry: the molecular science*. 5. ed. Stamford: Cengage, 2015.

Tabela 3 Valores numéricos de K_C para a reação $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$

$T(\text{K})$	$T(\text{°C})$	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 consultada: MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. *Op. cit.*

Tabela 4 Valores numéricos de K_C para a reação $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

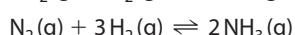
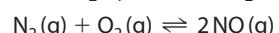
$T(\text{K})$	$T(\text{°C})$	K_C
500	227	$1,7 \cdot 10^2$
600	327	4,5
700	437	$3,0 \cdot 10^{-1}$

Fonte consultada: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry: the molecular nature of matter and change*. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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:



qual deve ser a unidade resultante para K_C .

5. Outros aspectos conceituais dos equilíbrios

Grau de equilíbrio

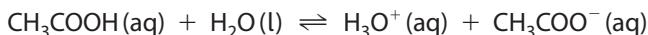
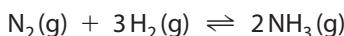
Voltemos ao caso do primeiro experimento do Item 3 (Fig. 7.A). Nele, a quantidade de N_2O_4 que efetivamente foi consumida até atingir o equilíbrio (0,26 mol) representa 26% da quantidade inicial (1,00 mol). Essa porcentagem é chamada **grau de equilíbrio** e simbolizada por α . No exemplo em questão:

$$\alpha = \frac{0,26 \text{ mol}}{1,00 \text{ mol}} = 0,26 = 26\%$$

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. 7.B).

Equilíbrios homogêneos e equilíbrios heterogêneos

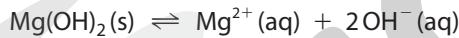
Equilíbrios químicos **homogêneos** são aqueles em que todas as espécies químicas participantes (reagentes e produtos) estão em uma mesma fase, constituindo, portanto, um sistema homogêneo. É o caso de $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$, comentado no Item 3. Outros exemplos 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):



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 acima:

$$K_C = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

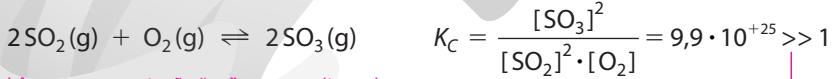
Equilíbrios químicos **heterogêneos** são aqueles em que as espécies participantes estão em mais de uma fase, constituindo, portanto, um sistema heterogêneo. Exemplos são os equilíbrios de decomposição do carbonato de cálcio e de dissociação do hidróxido de magnésio em água, equacionados a seguir:



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 equilíbrios, temos, respectivamente, $K_C = [\text{CO}_2]$ e $K_C = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2$.

Favorecimento dos produtos no equilíbrio

Considere dois equilíbrios químicos e seus valores de K_C , a 25 °C:



Lê-se a representação “ \gg ” como *muito maior que*.



Lê-se a representação “ \ll ” 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.

* Uma justificativa conceitualmente correta para esse procedimento requer ferramentas conceituais da termodinâmica química e, por isso, não há como apresentá-la aqui.

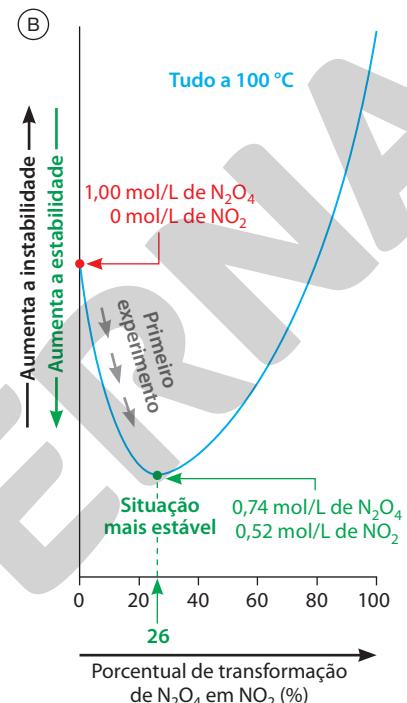
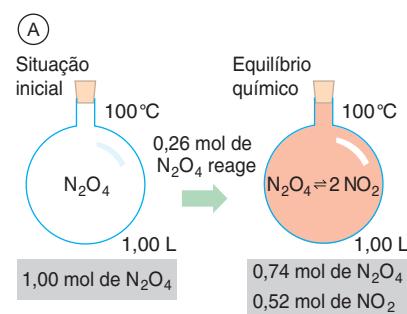


Figura 7 Representações esquemática (A) e gráfica (B) do primeiro experimento comentado no Item 3 deste capítulo (a 100 °C). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte consultada: ATKINS, P. W. et al.

Physical Chemistry. 11. ed. Oxford: Oxford University Press, 2018.

A espontaneidade de uma reação química pode ser avaliada por meio de duas grandes 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.

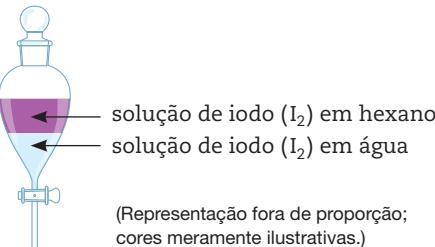
Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no
Suplemento do Professor.

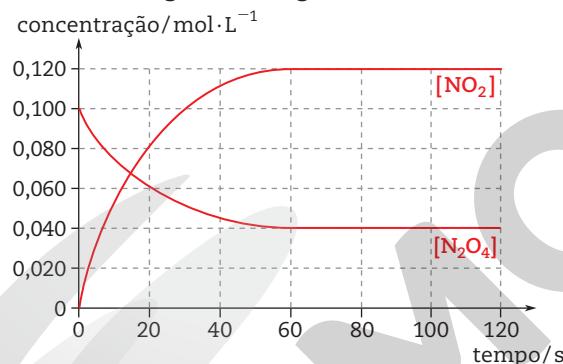
1. Considere o equilíbrio químico entre iodo dissolvido em água e iodo dissolvido em hexano, comentado no Item 1 deste capítulo e representado esquematicamente na figura a seguir:



Para essa situação, são válidos os valores apresentados no segundo quadro *Dialongando com o texto* do Item 2 deste capítulo. Utilizando-os, determine o valor da constante de equilíbrio em função das concentrações (K_C) para o processo equacionado a seguir e explique como realizou essa determinação.



2. 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.



Fonte consultada: MASTERTON, W. L. et al. *Op. cit.*

- 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.



- 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.

3. 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.

4. Ainda sobre a atividade 2, demonstre como calcular o porcentual de conversão de $N_2O_4(g)$ em $NO_2(g)$, da situação inicial até a de equilíbrio químico, chamado *grau de equilíbrio* (α).

5. Coloca-se 1,0 mol de $N_2O_4(g)$ em um frasco fechado e espera-se o sistema atingir o equilíbrio químico: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$.

Em qual das temperaturas listadas na Tabela 2 deste capítulo haverá maior concentração de produto no equilíbrio? Explique.

6. A 150 °C, o equilíbrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ 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:

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

Em qual(is) dessas quatro misturas, no momento em que foram feitas, pode-se afirmar que já existe o equilíbrio químico $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$? Apresente argumentos que sustentem sua resposta.

7. Nas misturas da questão 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.

8. 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 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$.

Admitindo que esse equilíbrio possa se estabelecer em qualquer uma das temperaturas listadas na Tabela 4 deste capítulo, em qual delas haverá maior concentração de amônia no equilíbrio? Justifique.

9. Nas condições ambientes (25 °C e 1 atm), os gases N_2 e O_2 presentes no ar não reagem entre si. Contudo, onde ocorrem raios (descargas elétricas) durante tempestades, ambos reagem para formar o gás NO , embora com baixo rendimento. Use os dados da Tabela 3 deste capítulo para justificar a ocorrência da reação e seu baixo rendimento.

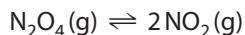
6. Deslocamento de equilíbrio

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.

Efeito da variação da concentração de reagente ou de produto

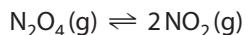
Considere que, em um recipiente de volume constante 1,00 L, mantido a 100 °C, coloquemos 1,00 mol de N₂O₄. Nesse sistema, inicialmente não há o equilíbrio N₂O₄(g) ⇌ 2 NO₂(g), pois não existe NO₂(g). Com o passar do tempo, o N₂O₄ se transforma em NO₂, até o equilíbrio químico ser atingido, no qual teremos:



0,74 mol/L 0,52 mol/L (equilíbrio químico)

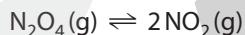
e o resultado do cálculo [NO₂]²/[N₂O₄], efetuado com essas concentrações, será 0,36, ou seja, igual ao valor numérico de K_C. (Recorde, do Item 4, que o valor numérico de K_C para esse equilíbrio, a 100 °C, é 0,36.)

Suponha que, nesse sistema em equilíbrio, a temperatura e volume constantes, seja adicionado 1,00 mol de N₂O₄. Imediatamente após essa adição, a concentração de N₂O₄ terá aumentado para 1,74 mol/L (o volume do frasco é 1,00 L) e a de NO₂ ainda será 0,52 mol/L:



1,74 mol/L 0,52 mol/L (não mais em equilíbrio)

O aumento da concentração de N₂O₄ é uma perturbação que tira o sistema da situação de equilíbrio, pois o resultado do cálculo [NO₂]²/[N₂O₄] agora é 0,16 e não mais 0,36. No entanto, nos instantes seguintes, verifica-se que há consumo de N₂O₄ e produção de NO₂ até que o sistema atinja uma nova situação, em que as concentrações serão:



1,62 mol/L 0,76 mol/L (equilíbrio químico)

O sistema atingiu novamente o equilíbrio químico, pois esses novos valores de concentrações resultam na igualdade: [NO₂]²/[N₂O₄] = 0,36.

O aumento da concentração de N₂O₄ 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 N₂O₄ e formando um pouco de NO₂ até que as concentrações atingissem valores tais que o cálculo [NO₂]²/[N₂O₄] resultasse novamente 0,36. O gráfico da Figura 8 representa a sequência de eventos que discutimos.

Se diminuíssemos a concentração de N₂O₄, em vez de aumentá-la, verificariamos a ocorrência de deslocamento para formar reagente.

Observações similares podem ser feitas ao modificar a concentração do produto: um aumento da concentração de NO₂ acarreta deslocamento do equilíbrio mencionado para formar reagente, e uma diminuição da concentração de NO₂ 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. 9); diminuindo a concentração de um participante, o equilíbrio se desloca na direção da sua formação.

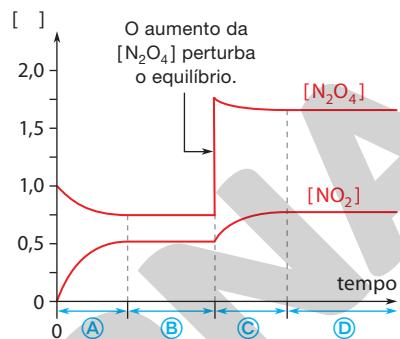
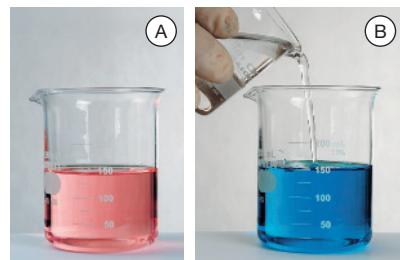


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

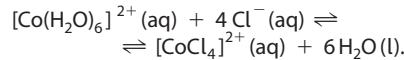
Figura 8 Gráfico da concentração de N₂O₄ e NO₂ gasosos, a 100 °C, ao longo da sequência de eventos discutida no texto. O tempo (no eixo das abscissas) está expresso em unidade arbitrária. Os intervalos de tempo marcados são: (A) o sistema constituído inicialmente apenas por N₂O₄(g) avança para o equilíbrio; (B) o sistema está em equilíbrio; (C) logo após o aumento da concentração de N₂O₄, ocorre deslocamento do equilíbrio, com consumo de N₂O₄ e formação de NO₂; (D) nova situação de equilíbrio, atingida após o deslocamento.

Fonte consultada: MASTERTON, W. L. et al. *Op. cit.*



DOTTIA

Figura 9 (A) Uma solução aquosa em que existe o equilíbrio:

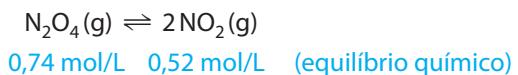


As duas espécies químicas de cobalto(II) são coloridas: o íon [Co(H₂O)₆]²⁺(aq) é rosa e o íon [CoCl₄]²⁻(aq) é azul.

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.

Efeito 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. 10.A). Em seu interior, N₂O₄(g) e NO₂(g) estão em equilíbrio químico com as seguintes concentrações:

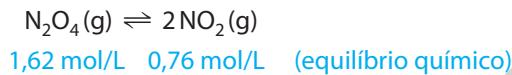


Aumenta-se a pressão sobre o êmbolo, provocando sua descida até que o volume se reduza a 0,500 L (Fig. 10.B). Imediatamente após essa compressão da mistura gasosa à metade do volume original, as concentrações passam a valer o dobro:



O aumento mecânico de pressão (por redução do volume) perturbou o equilíbrio químico; fazendo o cálculo [NO₂]²/[N₂O₄] 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 NO₂ e produz N₂O₄, até atingir a seguinte situação:



Esses valores de concentração, substituídos na expressão [NO₂]²/[N₂O₄], 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 (N₂O₄). De modo similar, uma diminuição de pressão por aumento do volume deslocaria esse equilíbrio para formar produto (NO₂).

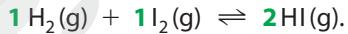
Para prever como um equilíbrio responde a uma variação de pressão por alteração de volume, pode-se verificar os coeficientes estequiométricos das espécies participantes que estejam em fase gasosa. Pode-se demonstrar que um aumento de pressão (por redução de volume) desloca um equilíbrio químico no sentido 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



com um aumento de pressão acarretando deslocamento para formar reagente e uma redução de pressão causando deslocamento para formar produto.

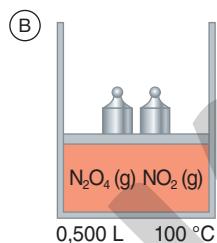
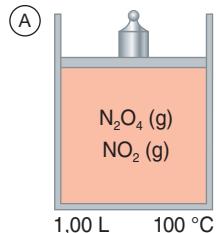
Há equilíbrios químicos que não são afetados por variações de pressão: são aqueles em que a soma dos coeficientes de espécies em fase gasosa é igual nos dois membros da equação (reagentes e produtos). Um exemplo é



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



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.



ADILSON SECCO

Figura 10 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.)

A demonstração está no Suplemento do Professor.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

O que é estudado neste item (incluindo as duas páginas seguintes) 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. Verifiquem se haveria alternativas a ele no tocante à produção de alimentos, atentando se os argumentos favoráveis a outros caminhos são legítimos e coerentes.

A seguir, elaborem um vídeo que exponha, de modo organizado, os resultados obtidos. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Efeito da temperatura

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

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 11.

As reações químicas que ocorrem com **absorção de calor** são denominadas **endotérmicas** (do grego *éndon*, “para dentro”). Um exemplo é:



Já reações químicas que acontecem com **liberação de calor** são denominadas **exotérmicas** (do grego *ékso*, “para fora”, e *thermós*, “calor”), como é o caso de:



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:

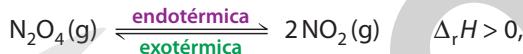


O primeiro valor indica que, quando 1 mol de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ se transforma em 2 mol de $\text{NO}_2(\text{g})$, a 25°C e 100 kPa , o sistema reacional absorve $55,3 \text{ kJ}$ de calor do ambiente que o circunda. Já o segundo valor informa que, quando 1 mol de $\text{N}_2(\text{g})$ e 3 mol de $\text{H}_2(\text{g})$ se transformam em 2 mol de $\text{NH}_3(\text{g})$, a 25°C e 100 kPa , há liberação de $91,8 \text{ kJ}$ 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:



constatou-se que o valor numérico de K_C aumenta com o aquecimento (reveja a Tabela 2 e analise o gráfico da Figura 12). Já para a reação em equilíbrio:



ocorre o contrário, com o valor numérico de K_C diminuindo com o aquecimento (reveja a Tabela 4 e analise o gráfico da Figura 13).

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:



Essas concentrações estão de acordo com a relação $[\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4] = 0,36$.

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 $[\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4] = 3,2$, ou seja, o aquecimento alterou K_C e fez o sistema sair da condição de equilíbrio.

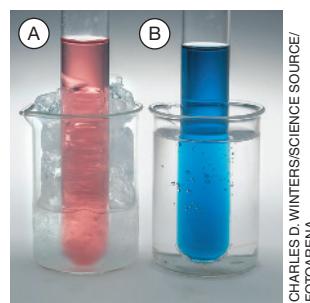
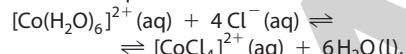


Figura 11 Os tubos de ensaio, inicialmente à temperatura ambiente, contêm o equilíbrio



(reveja a Figura 9).

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 14 do *Aplicando conhecimentos*.)

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 $\Delta_r H < 0$.

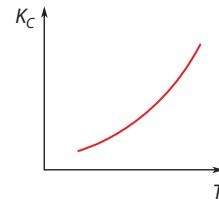


Figura 12 Esboço gráfico que mostra a tendência crescente do valor numérico de K_C em função do aumento de temperatura (T) para o equilíbrio:

$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta_r H > 0$. Essa tendência crescente pode ser observada nos dados da Tabela 2.

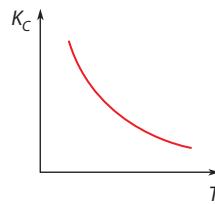


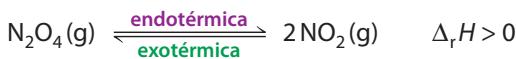
Figura 13 Esboço gráfico que mostra a tendência decrescente do valor numérico de K_C em função do aumento de temperatura para o equilíbrio:

$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta_r H < 0$. Essa tendência decrescente pode ser observada nos dados da Tabela 4.

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 $[\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4] = 3,2$:



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. 14).



Acabamos de comentar um exemplo de reação com Δ_rH positivo, ou seja, o sentido direto é endotérmico.

Diferentemente, quando Δ_rH é negativo, a reação direta é exotérmica:



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 Δ_rH negativo, a reação direta é exotérmica e a inversa é endotérmica.

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.

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 velocidade 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. Neste item, 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, como é o caso de diversas reações de interesse (Fig. 15).

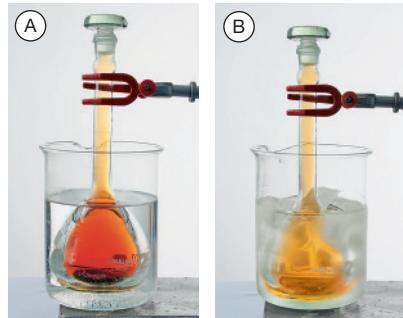


Figura 14 Um recipiente fechado de vidro contém os gases N_2O_4 e NO_2 em equilíbrio. Quando ele é aquecido em um banho de água morna (A), o equilíbrio é deslocado para formar NO_2 (castanhão-avermelhado) com o concomitante aumento do valor numérico de K_C . Quando o recipiente é resfriado por imersão em água com gelo, o equilíbrio se desloca para a formação de N_2O_4 (incolor), o que consome NO_2 e diminui a intensidade da coloração da mistura gasosa, com a concomitante diminuição do valor numérico de K_C .

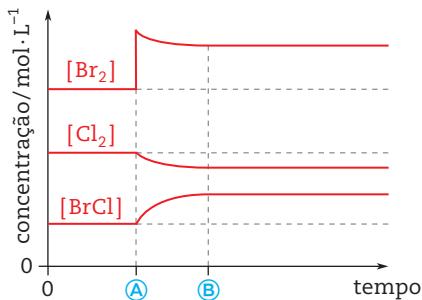
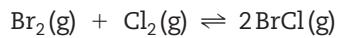
Uma leitura recomendada ao docente interessado nos enunciados elaborados pelo cientista francês é a dissertação de mestrado de CANZIAN, R. Análise do princípio de Le Chatelier em livros didáticos de química, USP, 2011. A tese está disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-01112011-114535/pt-br.php>>. Acesso em: jul 2020. Caso esse endereço tenha mudado, dê uma busca por título e nome do autor.



Figura 15 A química brasileira Elisa Orth (nascida em 1984), pesquisadora da Universidade Federal do Paraná (UFPR), coordenadora do Grupo de Catálise e Cinética. Recebeu vários prêmios nacionais e internacionais por seus trabalhos, entre os quais está o desenvolvimento de catalisadores sustentáveis derivados do lixo. O uso de catalisadores é essencial para a otimização de muitos processos de interesse, pois tornam mais rápidas reações que degradam poluentes ou que produzem substâncias usadas pela sociedade. Catalisadores, contudo, não interferem no equilíbrio químico.



- 10.** O gráfico a seguir se refere às concentrações em quantidade de matéria de $\text{Br}_2(\text{g})$, $\text{Cl}_2(\text{g})$ e $\text{BrCl}(\text{g})$ 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:



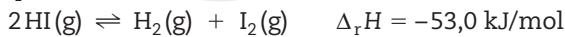
Analise o gráfico e responda.

- O que acontece no instante de tempo A?
 - 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.
 - Determine se existe equilíbrio químico a partir do instante B e explique em que se fundamenta sua conclusão.
 - Diga como esse gráfico poderia ser usado para ilustrar uma aula sobre deslocamento de equilíbrio químico devido à variação de concentração de um participante.
- 11.** Considere que o equilíbrio químico equacionado a seguir exista em um frasco rígido provido de êmbolo como aquele da Figura 10 deste capítulo:



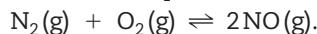
Que efeito teria sobre esse equilíbrio um aumento de pressão sobre o êmbolo que o deslocasse até uma nova posição abaixo da inicial? E uma diminuição da pressão sobre o êmbolo que acarretasse seu deslocamento para uma nova posição acima da inicial?

- 12.** Dois frascos iguais de vidro resistente e incolor, bem fechados, contêm misturas idênticas de $\text{HI}(\text{g})$ (incolor), $\text{H}_2(\text{g})$ (incolor) e $\text{I}_2(\text{g})$ (violeta), a 25°C , nas quais existe o equilíbrio químico assim equacionado:



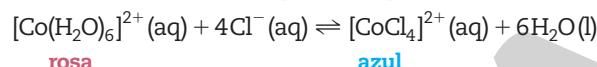
Um dos frascos é imerso em um banho de água fervente e o outro é colocado no interior de um freezer. Preveja o que deve acontecer com a coloração do conteúdo dos frascos a partir desse momento. Apresente os argumentos que fundamentam a sua previsão.

- 13.** A Tabela 3 deste capítulo apresenta dados referentes ao equilíbrio assim equacionado:



Utilize os dados dessa tabela para deduzir se a reação entre N_2 e O_2 formando NO é endotérmica ou exotérmica, justificando a dedução feita.

- 14.** As soluções aquosas dos tubos de ensaio mostrados na Figura 11 deste capítulo estavam inicialmente a 25°C e nelas havia o equilíbrio químico:

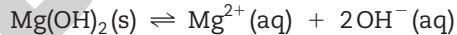


rosa

azul

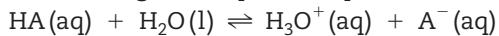
- Considerando os resultados experimentais evidenciados por aquela foto, explique em qual das duas situações — no banho de água com gelo ou no banho de água morna — o valor da constante de equilíbrio em função das concentrações (K_C) da reação equacionada acima é maior. Por quê?
- Em qual dos sentidos — formação dos produtos ou formação dos reagentes — a reação equacionada acima é endotérmica? Justifique.
- Explique como o deslocamento do equilíbrio (evidenciado na foto do experimento) está relacionado à variação do valor de K_C com alterações de temperatura.

- 15.** O produto farmacêutico de nome genérico leite de magnésia é uma dispersão de cristais de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ sólido em uma solução aquosa de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, na qual há íons Mg^{2+} e OH^- aquosos. O equilíbrio químico envolvido é:



Em um experimento, estudantes do curso de Química adicionaram um pouco de solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$, a uma amostra de leite de magnésia, constatando que isso provocou formação de mais $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s})$. Apresente uma explicação para esse resultado, argumentando em termos de deslocamento de equilíbrio.

- 16.** 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:



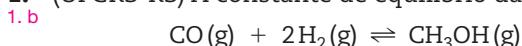
vermelho

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.



- 1.** (UFRGS-RS) A constante de equilíbrio da reação

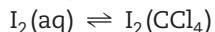


tem o valor de 14,5 a 500 K. As concentrações de metanol e de monóxido de carbono foram medidas nesta temperatura em condições de equilíbrio, encontrando-se, respectivamente, $0,145 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Com base nesses dados, é correto afirmar que a concentração de hidrogênio, em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, deverá ser

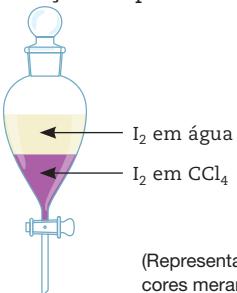
- a) 0,01 c) 1 e) 14,5
 b) 0,1 d) 1,45

- 2.** (Fuvest-SP) Em um funil de separação, encontram-

2. c -se, em contato, volumes iguais de duas soluções: uma solução aquosa de I_2 , de concentração $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$, e uma solução de I_2 em CCl_4 , de concentração $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$. Considere que o valor da constante K_C do equilíbrio



é igual a 100, à temperatura do experimento, para concentrações expressas em mol/L.



ADILSON SECCO

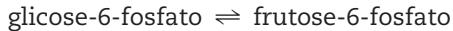
(Representação fora de proporção;
cores meramente ilustrativas.)

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.

- 3.** (UFRGS-RS) A constante de equilíbrio da reação de

3. c conversão abaixo tem o valor de 0,5.

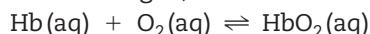


Se essa reação parte de glicose-6-fosfato puro, o grau de conversão deste reagente em produto, quando a reação atinge o equilíbrio, é de aproximadamente

- a) 10% b) 25% c) 33% d) 50% e) 66%

- 4.** (Enem) Hipoxia ou mal das alturas consiste na

4. d diminuição de oxigênio (O_2) no sangue arterial do organismo. Por essa razão, muitos atletas apresentam mal-estar (dores de cabeça, tontura, falta de ar etc.) ao praticarem atividade física em altitudes elevadas. Nessas condições, ocorrerá uma diminuição na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO_2) em equilíbrio no sangue, conforme a relação:



Mal da montanha. Disponível em:
<http://www.feng.pucrs.br/>.
 Acesso em: 11 fev. 2015 (adaptado).

A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a)

- a) elevação da pressão arterial.
 b) aumento da temperatura corporal.
 c) redução da temperatura do ambiente.
 d) queda da pressão parcial de oxigênio.
 e) diminuição da quantidade de hemácias.

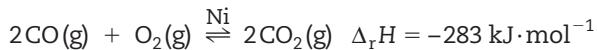
- 5.** (UEMG) As equações a seguir representam sistemas

5. b em equilíbrio. O único sistema que não se desloca por alteração de pressão é:

- a) $\text{SO}_2\text{(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_3\text{(g)}$
 b) $\text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$
 c) $\text{N}_2\text{(g)} + 3\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3\text{(g)}$
 d) $2\text{CO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$

- 6.** (Uerj) O monóxido de carbono, formado na com-

6. d bustão 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:



Com o objetivo de deslocar o equilíbrio dessa reação, visando a intensificar a degradação catalítica do monóxido de carbono, a alteração mais eficiente é:

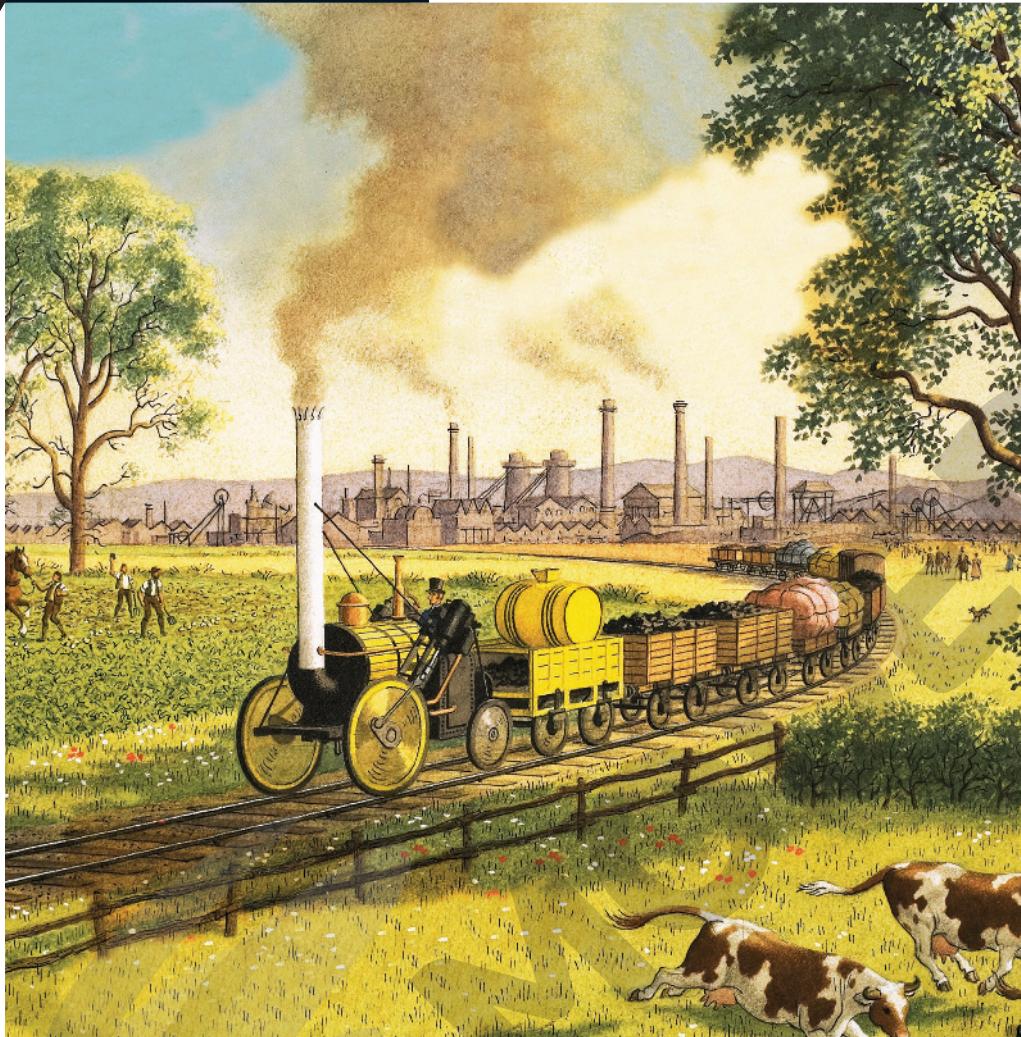
- a) reduzir a quantidade de catalisador.
 b) reduzir a concentração de oxigênio.
 c) aumentar a temperatura.
 d) aumentar a pressão.

- 7.** (PUC-MG) Considere uma reação endotérmica, em

7. a equilíbrio, na qual reagentes e produtos estão no estado gasoso. É correto afirmar que a constante de equilíbrio aumentará se:

- a) a temperatura for aumentada.
 b) a temperatura for diminuída.
 c) um catalisador for adicionado.
 d) uma parte dos produtos for retirada.

PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA



LOOK AND LEARN/BRIDGEMAN IMAGES/FOTOARENA - COLEÇÃO PARTICULAR

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

A Revolução Industrial.
Ronald Lampitt, 1974.

O estudo mais formal sobre a transformação de calor em trabalho e de trabalho em calor, hoje denominado Termodinâmica, teve início durante a Revolução Industrial, que ocorreu entre os séculos XVIII e XIX, na Inglaterra. A necessidade crescente de matéria-prima impulsionou o desmatamento de grandes áreas florestais para a produção de carvão vegetal, a principal matriz energética do país na época. Com o esgotamento desse recurso, intensificou-se a exploração de carvão mineral. As minas de carvão, muitas vezes, atingiam grande profundidade e cortavam cursos de água subterrâneos, o que provocava o acúmulo de água nas galerias de escavação. Para solucionar esse problema, foi necessário o aprimoramento de máquinas que retirasse a água acumulada. Boa parte do conhecimento adquirido com o aprimoramento dessas máquinas e, posteriormente, com a criação de máquinas para o processo industrial, continua sendo usado até os dias atuais.

De fato, os conceitos fundamentais que formam a base para a compreensão das máquinas a vapor, turbinas, motores de combustão e máquinas frigoríficas são o princípio de conservação da energia (primeira lei da Termodinâmica) e de entropia (segunda lei da Termodinâmica). Neste capítulo, estudaremos a primeira lei da Termodinâmica e sua relação com a conservação da energia.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT102
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CHS102
- EM13CHS202
- EM13LGG301
- EM13LGG603
- EM13LGG703
- EM13MAT510

1. Introdução

A Termodinâmica estuda as relações entre dois tipos de energia: a **térmica** e a **mecânica**. Desse modo, os conceitos e as leis estudados anteriormente serão fundamentais para os estudos que realizaremos aqui.

Sabe-se que é possível converter energia mecânica em energia térmica e energia térmica em energia mecânica. Os primeiros trabalhos nesse sentido foram desenvolvidos em meados do século XIX pelo físico inglês James Prescott Joule, cujas experiências permitiram comprovar que determinada quantidade de energia mecânica podia ser transformada em energia térmica. Atualmente, com métodos mais precisos, sabemos que a energia de 4,18 J equivale a uma caloria de energia térmica, ou seja, 4,18 J é a quantidade de calor necessária para elevar de 1 °C a temperatura de 1 g de água ($1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$). Essa relação é conhecida como equivalente mecânico do calor e mostra que a energia mecânica e a energia térmica são apenas formas diferentes de energia e seus valores podem ser indicados em uma ou outra unidade.

A conversão de energia mecânica em energia térmica é bem comum e ocorre, por exemplo, quando um carro em movimento é freado; nesse caso, a energia cinética do movimento se converte em energia térmica, que aquece os freios e os pneus.

A transformação inversa, de energia térmica para energia mecânica, foi fundamental para o desenvolvimento de nossa sociedade e ela só começou a ser largamente praticada durante a Revolução Industrial. Entretanto, ela só acontece em condições especiais, sendo objeto de estudo deste capítulo.

2. Origem da Termodinâmica

Desde a Antiguidade, os seres humanos sempre se preocuparam em criar meios de facilitar a realização de tarefas rotineiras como transportar cargas pesadas, moer grãos ou bombear água. Para isso, utilizavam a força de animais de tração ou a força da água corrente para mover rodas-d'água em moinhos.

Atribui-se ao geômetra e engenheiro grego Heron de Alexandria, que viveu na segunda metade do século I d.C., a invenção da eolípila, do grego **éolo + pila**, a bola de Éolo, deus do vento – uma esfera metálica oca montada sobre eixos conectados a uma câmara com água que adquire um movimento de rotação ao expelir o vapor de água resultante do aquecimento da câmara (Fig. 1). Embora não tenha nenhuma utilidade prática, é considerado o primeiro motor a vapor documentado.

Na Europa, no final do século XVII e início do século XVIII, a demanda por carvão mineral aumentava rapidamente e, por isso, as minas de carvão tornavam-se cada vez mais profundas. Com o acúmulo de água no interior das galerias, a retirada de carvão tornava-se muito difícil e perigosa, fato que levou o inglês Thomas Savery (1650-1715) a construir um mecanismo movido a vapor para retirar essa água.

Com base em princípios estabelecidos pelo físico francês Denis Papin (1647-1712) e outros, Savery patenteou em 1698 um “mecanismo para elevar a água por meio do fogo”, ao qual deu o nome de “amigo do mineiro”, mas o equipamento era perigoso e pouco eficaz, pois, por utilizar vapor em alta pressão, muitas vezes provocava explosões e acidentes graves (Fig. 2).



Figura 1 Modelo de uma eolípila, inventada por Heron de Alexandria.

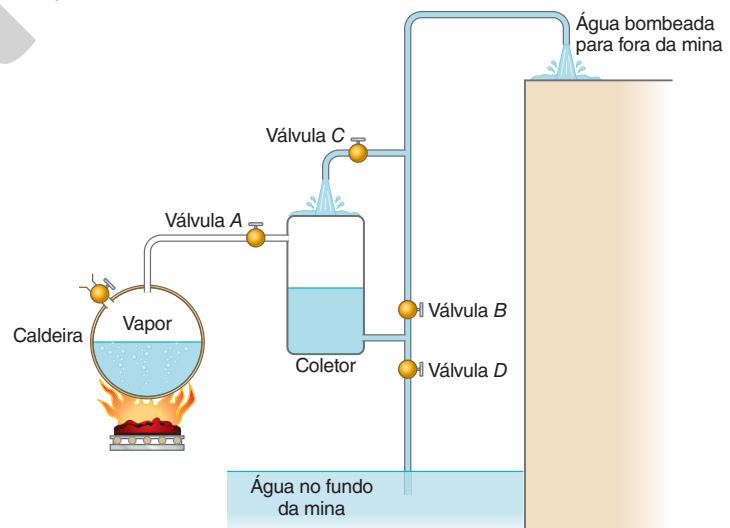


Figura 2 Esquema da bomba a vapor de Thomas Savery, também chamada de “amigo do mineiro”. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Anos mais tarde, em 1712, o mecânico inglês Thomas Newcomen (1663-1729) projetou um motor a vapor que utilizava um pistão para retirar a água acumulada no interior das minas. Savery auxiliou-o em seu desenvolvimento, mas não compartilhou com ele a patente do seu antigo mecanismo.

A máquina de Newcomen é considerada o primeiro dispositivo prático capaz de aproveitar o poder do vapor na produção de trabalho mecânico. Nessa máquina, um pistão A e um contrapeso B eram conectados a uma viga horizontal que podia balançar como uma gangorra em torno de um ponto fixo (Fig. 3). O pistão A era mantido em um cilindro, no qual o vapor podia ser injetado, e o contrapeso B ligava-se a uma bomba no interior da mina. Quando o vapor era injetado no cilindro, o aumento da pressão provocava a subida do pistão A e o abaixamento do contrapeso B. Ao borifar água fria sobre o cilindro, o vácuo gerado provocava o abaixamento do pistão A e a subida do contrapeso B. Esse movimento de sobe e desce era usado para bombear a água das minas.

Em 1763, o engenheiro, mecânico e inventor escocês James Watt (1736-1819) recebeu para conserto uma máquina a vapor do tipo Newcomen, a mais avançada da época, e observou que o desperdício de grandes quantidades de energia era o defeito mais grave da máquina, pois o cilindro principal precisava ser resfriado para que o vapor condensasse, criando um vácuo a cada movimento do êmbolo.

Em 1764, Watt criou um dispositivo, o condensador, que melhorou o rendimento da máquina, tornando-a 75% mais eficiente, o que representava uma grande economia para os donos de minas.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

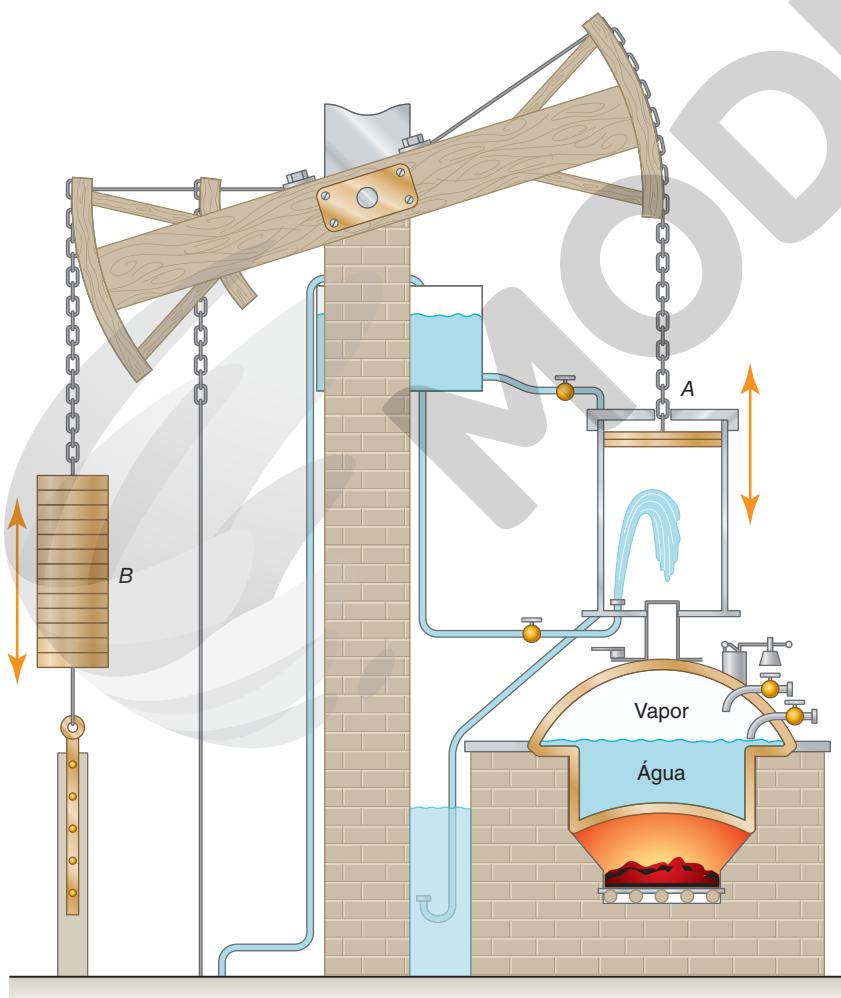


Figura 3 Esquema da máquina de Newcomen, a primeira máquina a vapor a funcionar com partes móveis. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Em 1769, Watt obteve a primeira patente do invento e de vários aperfeiçoamentos por ele projetados. O ápice das invenções de Watt ocorreu com a invenção da manivela, que permitiu a conversão do movimento alternante do pistão em um movimento de rotação, produzindo uma grande força rotacional (Fig. 4).

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

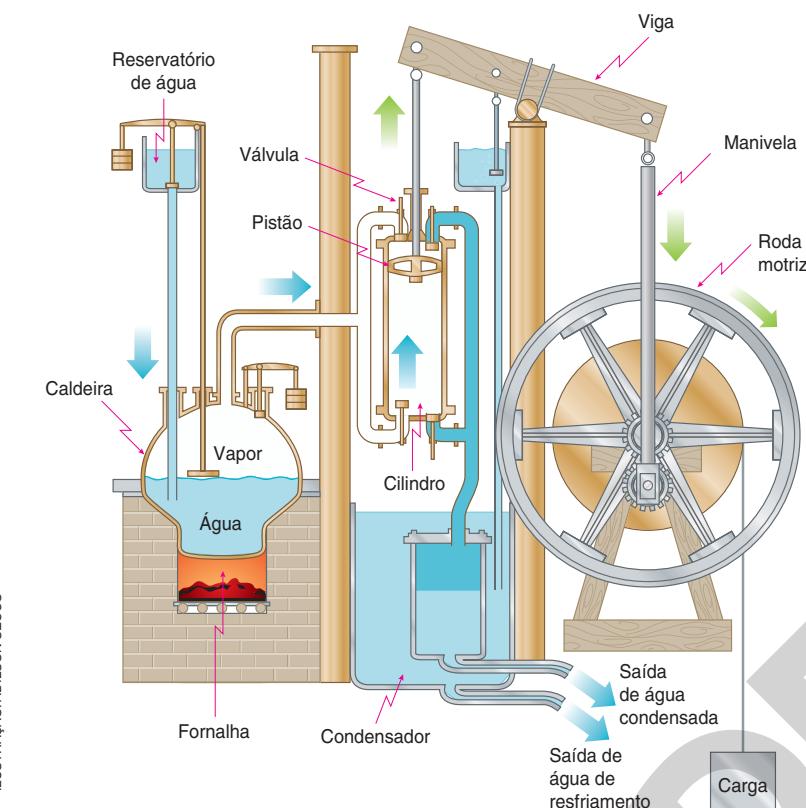


Figura 4 Esquema da máquina a vapor aperfeiçoada por Watt. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Em 1784, Watt desenhou a locomotiva a vapor e utilizou pela primeira vez o termo cavalo de força (*horsepower* ou, simplesmente, HP). Em 1790, completou os aperfeiçoamentos da máquina a vapor, que recebeu seu nome, e se tornou fundamental para a criação e desenvolvimento das indústrias.

Essa máquina também passou a ser empregada no bombeamento de água das minas, no aquecimento de máquinas nos moinhos de farinha, em fiações, tecelagens e na fabricação de papel.

A máquina a vapor representou um enorme estímulo ao crescimento da indústria na Europa e nas Américas. Ela permitiu também o avanço da Revolução Industrial e das ciências.

Todos esses inventos e a evolução das máquinas térmicas foram fruto de uma engenharia de tentativas e erros, de testes empíricos ou da concorrência comercial, muitas vezes desleal. A teoria era praticamente inexistente.

No início do século XIX, o mundo entrava em um novo período, a era do vapor. Nas fábricas, campos e moinhos, o vapor aumentava a produtividade, pois as pessoas não precisavam mais depender da força dos ventos ou das rodas-d'água. Os trens e os barcos a vapor tornaram-se o principal meio de transporte de carga e passageiros.

Foi nesse ambiente que, na primeira metade do século XIX, a teoria que explicava o funcionamento das máquinas a vapor passou a ser consolidada de acordo com os estudos dos engenheiros experimentalistas, que já sabiam explorar a força do vapor.

Nas próximas seções, vamos estudar alguns aspectos da teoria que explica o funcionamento das máquinas térmicas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Na abertura do capítulo, apresentamos uma breve história do desenvolvimento da Termodinâmica, que está muito ligado ao desenvolvimento de máquinas para extração de água das minas de carvão mineral. Além disso, o surgimento da máquina a vapor foi um marco importante para a Revolução Industrial, por impulsionar a indústria têxtil, considerada um exemplo clássico do desenvolvimento fabril na época.

Forme um grupo com seus colegas e pesquisem sobre os progressivos avanços dos teares e as condições de trabalho na indústria têxtil durante a Revolução Industrial.

Para melhor direcionar a pesquisa, vocês podem pedir orientações ao professor de História.

Divulguem os resultados da pesquisa por meio de vídeo, podcast, blogue ou HQ. Durante a divulgação dos resultados, enfatizem como o avanço dos teares alterou o modo de produção. Procurem, também, mostrar como esses avanços influenciaram as condições de trabalho nas fábricas da época.

Neste experimento, você construirá um pequeno modelo de barco a vapor com materiais acessíveis.



- Atenção:**
- Tenha cuidado para não se ferir ao cortar e furar a madeira. Esse procedimento deve ser feito com a supervisão do professor ou de uma pessoa que saiba manusear a serra e a furadeira.
 - Tome muito cuidado ao manipular a vela acesa para não se queimar com a chama nem com a parafina derretida.

Material

- Placa de madeira leve de 20 cm × 10 cm
- Alicate
- Furadeira elétrica e broca de um oitavo de polegada para madeira
- Serra metálica
- Pedaço de tubo de cobre macio de um oitavo de polegada com cerca de 40 cm de comprimento
- Areia seca
- Fita-crepe
- Silicone para vedação e fixação
- Tampinha metálica de garrafa ou de um pote de vidro pequeno sem o revestimento interno
- Pedaço de vela
- Fósforos

Procedimento

1. A placa de madeira deve ser recortada para formar o casco do modelo (Fig. A).
2. Dobre o tubo de cobre como indicado na figura A. Para isso, encha totalmente o tubo com a areia seca e vede suas extremidades com a fita-crepe antes de dobrá-lo, evitando que o tubo se achate ao ser dobrado. Não se esqueça de retirar a fita-crepe e a areia do tubo depois de dobrá-lo.
3. Se você não tiver uma furadeira elétrica ou não souber manejá-la, peça a alguém que use o aparelho e faça dois furos inclinados na madeira (Fig. B), para a passagem do tubo de cobre, a cerca de 5 cm da popa, ou seja, a parte de trás do barco.
4. Insira o tubo de cobre nos furos da placa de madeira, deixe aproximadamente 4 cm de espaço do lado oposto da placa e posicione as voltas do tubo na região central da placa. Se necessário, use a serra metálica para cortar os excessos do tubo de cobre. Com o silicone, fixe o tubo nos furos da placa para evitar sua movimentação. Finalmente, fixe a tampa metálica com o silicone na placa de madeira e coloque um pedaço de vela sobre essa tampa (Fig. B).



Figura A:
Componentes para a montagem do barco a vapor.



Figura B:
Montagem do modelo de barco a vapor.

5. Teste seu barco em um recipiente grande cheio de água, como uma tina, uma bacia ou um tanque de lavar roupas. Encha totalmente de água o tubo de cobre. Certifique-se de que ele esteja completamente cheio ao colocar o barco na água. Acenda a vela.



Figura C:
Modelo do barco a vapor sobre a superfície da água.

Conclusão

- Aguarde um pouco e observe o que ocorre com o barco. Usando seus conhecimentos de Física, explique o resultado do experimento.

3. Troca de trabalho entre um gás e o meio

Considere determinada massa de um gás perfeito contido em um cilindro dotado de um êmbolo que pode se mover para a direita e para a esquerda sem nenhum atrito (Fig. 5). Vamos identificar a região delimitada pelo gás como **sistema termodinâmico**. Esse sistema é móvel, devido à presença do êmbolo, e fechado, pois a troca de energia com o meio só pode ocorrer se houver troca de calor ou realização de trabalho.

Considere que certa massa de gás ideal sofre uma transformação isobárica, em que a pressão p é constante. Entre o início e o fim do processo, o gás age com uma força de intensidade F constante sobre o êmbolo de área A , produzindo nesse êmbolo um deslocamento d (Fig. 6).

O trabalho realizado pelo gás ao deslocar o êmbolo é calculado pelo produto da intensidade F da força pelo deslocamento d , ou seja:

$$\mathcal{Z} = F \cdot d \quad (1)$$

No entanto, sabemos que a pressão p do gás pode ser calculada pela relação entre a intensidade da força F e a área A do êmbolo sobre a qual a força atua; logo:

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = p \cdot A \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1), obtemos: $\mathcal{Z} = p \cdot A \cdot d$

Porém, o produto $A \cdot d$ corresponde ao aumento ΔV do volume do gás. Portanto, em uma transformação isobárica, o trabalho realizado é calculado pelas relações:

$$\mathcal{Z} = p \cdot \Delta V$$

ou

$$\mathcal{Z} = p \cdot (V_2 - V_1)$$

A representação de uma transformação gasosa no diagrama cartesiano de pressão versus volume é denominada **diagrama de Clapeyron**. No caso da transformação isobárica, esse diagrama é um segmento de reta horizontal com extremidades nos valores dos volumes (V_1 e V_2) (Fig. 7.A). A área delimitada entre esse segmento e o eixo dos volumes é dada por:

$$\text{área do retângulo} = \text{base} \times \text{altura} = p \cdot |\Delta V| = |\mathcal{Z}|$$

O sinal $=$ ^N indica que o trabalho é “numericamente igual” à área sob a curva da transformação correspondente, e o módulo do trabalho é usado porque, se o processo fosse uma compressão ($V_2 < V_1 \Rightarrow \Delta V < 0$), o trabalho realizado seria negativo ($\mathcal{Z} < 0$).

Essa propriedade gráfica para o cálculo do trabalho realizado pode ser generalizada. Mesmo que a transformação não seja isobárica, pois a pressão pode variar de p_1 para p_2 , a área da figura definida entre a curva representativa da transformação e o eixo das abscissas é a medida numérica do módulo do trabalho realizado (Fig. 7.B).

Assim, podemos descrever as seguintes situações:

- **O gás se expande**

Nesse caso, em que o volume do gás aumenta, dizemos que o gás realizou trabalho sobre o meio. Por convenção, consideramos esse trabalho **positivo** (Fig. 8).

Se o volume do gás aumenta, o gás realiza trabalho e $\mathcal{Z} > 0$.

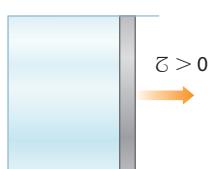


Figura 8 O gás realiza trabalho quando seu volume aumenta.

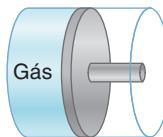


Figura 5 A região delimitada pelo gás contido no cilindro pelo êmbolo é o sistema termodinâmico em estudo.

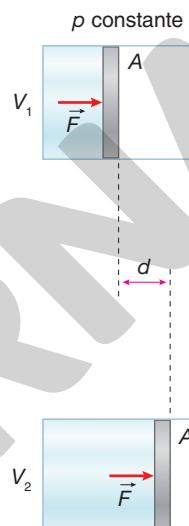


Figura 6 A força de intensidade F aplicada pelo gás ao êmbolo provoca o deslocamento d , e o volume do gás varia de V_1 para V_2 .

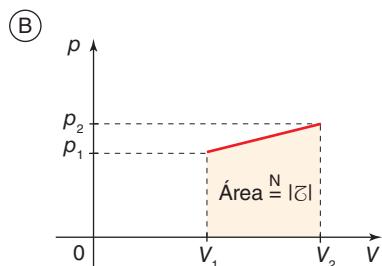
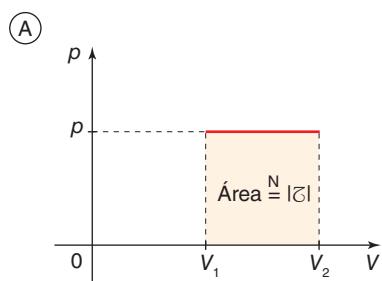


Figura 7 No diagrama de pressão versus volume, a área sob a curva da transformação corresponde numericamente ao módulo do trabalho realizado.

• O gás é comprimido

Nesse caso, em que o volume do gás diminui, dizemos que o meio realizou trabalho sobre o gás ou que o gás recebeu trabalho do meio. Por convenção, consideramos esse trabalho **negativo** (Fig. 9).

Se o volume do gás diminui, o gás recebe trabalho e $\bar{z} < 0$.

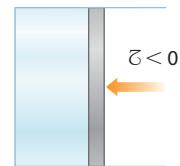


Figura 9 O gás recebe trabalho quando seu volume diminui.

• O volume do gás não varia

A realização de trabalho está ligada à variação de volume. Então, se ocorre um processo termodinâmico em que o gás não sofre compressão nem expansão, isto é, se o volume permanece constante, não há realização de trabalho.

Se o volume do gás permanece constante, o gás não troca trabalho com o meio e $\bar{z} = 0$.

4. Calor trocado entre um gás e o meio

Para estudar as trocas de calor entre o gás e o meio, vamos retomar as convenções já estabelecidas. A quantidade de calor é positiva ($Q > 0$) quando recebida pelo gás (Fig. 10.A) e negativa ($Q < 0$) quando cedida pelo gás (Fig. 10.B).

Se, durante uma transformação gasosa, o gás não recebe nem cede calor ($Q = 0$), então a transformação é denominada **transformação adiabática**.

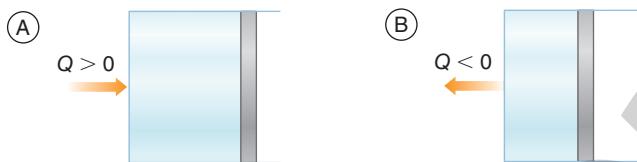


Figura 10 (A) Gás recebe calor do meio ($Q > 0$); (B) gás cede calor para o meio ($Q < 0$).

5. Energia interna de um gás ideal

A temperatura de um corpo está diretamente associada ao estado de agitação de suas partículas. Por isso, quanto maior for o grau de agitação das partículas de um sistema, maior será sua energia térmica e, portanto, maior será a temperatura desse sistema. Assim, a **energia térmica** é associada à energia cinética de translação das moléculas e não inclui a energia cinética de rotação nem a energia de vibração intramolecular.

Podemos, ainda, definir a **energia interna (U)** de um sistema como a energia dada pela soma da energia térmica e de todas as outras formas de energia associadas às moléculas do sistema, como energia cinética de rotação, energia de vibrações intramoleculares, energia de vibrações intra-atômicas e energia potencial de configuração.

No caso do gás ideal monoatômico, essa energia interna é constituída exclusivamente pela energia cinética de translação de suas moléculas.

A energia interna de um gás ideal depende, fundamentalmente, do número de moléculas do gás e da velocidade dessas moléculas. Assim, quanto maior o número de moléculas do gás e quanto maior a velocidade delas, maior será, também, a energia interna do gás. Portanto, a energia interna U de um gás ideal depende da quantidade desse gás e de sua temperatura.

Sendo n a quantidade em mols do gás, suposto ideal e monoatômico, T sua temperatura absoluta medida em kelvin e $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ a constante universal dos gases perfeitos, pode-se deduzir, a partir das leis da Mecânica Clássica e da equação de Clapeyron, que:

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

Com base nessas considerações, podemos obter a **lei de Joule** para os gases perfeitos:

A energia interna de determinada quantidade de mols de gás ideal é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.

Nos processos termodinâmicos sofridos por um gás, é mais comum fazer referência à **variação de energia interna (ΔU)** dos estados envolvidos em vez de à energia interna de cada estado envolvido. Então, sendo ΔT a variação de temperatura do gás no processo, sua variação de energia interna será expressa por:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

Assim, dependendo da variação de temperatura que o gás sofre no processo, temos as seguintes situações:

- **O gás se aquece**

Nesse caso, em que a temperatura aumenta, isto é, a variação de temperatura ΔT é positiva ($\Delta T > 0$), a variação de energia interna ΔU também é positiva ($\Delta U > 0$).

- **O gás se resfria**

Nesse caso, em que a temperatura diminui, isto é, a variação de temperatura ΔT é negativa ($\Delta T < 0$), a variação de energia interna ΔU também é negativa ($\Delta U < 0$).

- **A temperatura do gás não varia**

Como a energia interna é função exclusiva da temperatura, só haverá variação da energia interna se houver variação de temperatura. Portanto, se a temperatura do gás se mantiver constante ($\Delta T = 0$), sua energia interna também se manterá invariável ($\Delta U = 0$).



Atenção: Durante uma transformação qualquer, se a temperatura final do gás for igual à sua temperatura inicial ($T_2 = T_1$), então, nessa transformação, a variação da energia interna do gás será nula, ou seja, $\Delta U = 0$.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Certa quantidade de gás ideal monoatômico, à temperatura absoluta T , tem energia interna U . Qual será o novo valor da energia interna U' se a quantidade de gás for reduzida à metade e sua temperatura absoluta for quadruplicada?
2. Uma estudante está no laboratório realizando uma experiência sobre processos termodinâmicos e percebe que um recipiente com dois mols de um gás ideal monoatômico encontra-se a 28°C e, após sofrer uma transformação, sua temperatura aumenta para 228°C . Sendo a constante universal dos gases perfeitos $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, determine:
 - a) a energia interna do gás a 28°C ;
 - b) a energia interna do gás a 228°C ;
 - c) a variação de energia interna que o gás sofreu no processo.
3. Sob pressão constante de $1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, o volume de 2 mols de um gás ideal monoatômico é alterado de $2,0 \cdot 10^{-22} \text{ m}^3$ para $4,0 \cdot 10^{-22} \text{ m}^3$.
Sendo $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, determine:
 - a) a variação de temperatura sofrida pelo gás;
 - b) a variação que ocorre em sua energia interna no processo.

6. Primeira lei da Termodinâmica

No início do século XIX, vários físicos, entre os quais James Prescott Joule (1818-1889), Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) e Julius Robert von Mayer (1814-1878), contribuíram para o desenvolvimento da primeira lei da Termodinâmica. No entanto, os primeiros a escrever enunciados formais para essa lei foram Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822-1888), em 1850, e William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907), um ano depois.

A primeira lei da Termodinâmica é a aplicação do princípio da conservação da energia aos processos termodinâmicos. Pode, então, ser enunciada do seguinte modo:

A variação de energia interna ΔU de um gás ideal, num processo termodinâmico, é dada pela diferença entre a quantidade de calor Q trocada com o meio e o trabalho \bar{Z} envolvido no processo.

Analiticamente, a primeira lei da Termodinâmica pode ser expressa por:

$$\Delta U = Q - \bar{Z}$$

Vamos aplicar a lei da conservação da energia ao exemplo a seguir.

Considere uma transformação em que dada massa de gás ideal recebe uma quantidade de calor $Q = +2.000\text{ J}$ (calor recebido é positivo) e realiza, no processo, um trabalho $\bar{Z} = +1.200\text{ J}$ (trabalho realizado pelo gás sobre o meio é positivo). Qual foi a variação de energia interna ΔU dessa massa gasosa na transformação?

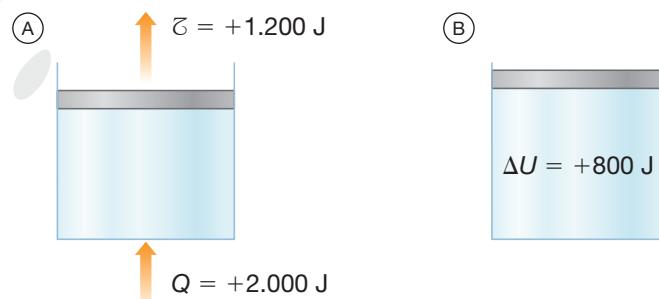
Aplicando a primeira lei da Termodinâmica, temos:

$$\Delta U = Q - \bar{Z} \Rightarrow \Delta U = +2.000\text{ J} - (+1200\text{ J}) \Rightarrow \Delta U = +800\text{ J}$$

Observe que o gás trocou energia de duas formas com o meio externo: recebeu 2.000 joules na forma de calor e perdeu 1.200 joules na forma de trabalho realizado.

Do balanço energético entre o calor recebido e o trabalho realizado pelo gás, notamos que a energia interna do gás aumentou 800 joules, determinando então um aumento em sua temperatura.

Na Figura A, a seguir, representamos esquematicamente a quantidade de calor e o trabalho trocados. Na Figura B é mostrado que, na verdade, o gás “ficou” apenas com 800 joules, que representam a variação de energia interna sofrida por ele. Assim, podemos concluir que a temperatura do gás aumentou.



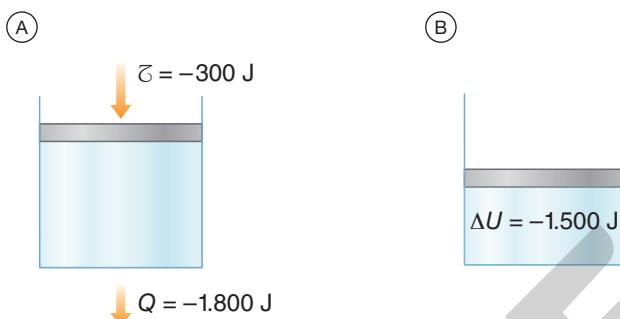
Vejamos outro exemplo semelhante, porém para o caso de um sistema gasoso que recebe trabalho do meio externo ao mesmo tempo que cede calor.

Imagine agora outra transformação, na qual dada massa de gás ideal fornece ao meio a quantidade de calor $Q = -1.800 \text{ J}$ (o calor cedido pelo gás ao meio é negativo) e, ao mesmo tempo, recebe o trabalho $\bar{Z} = -300 \text{ J}$ (o trabalho recebido, isto é, realizado pelo meio sobre o gás, é negativo). Calcule a variação de energia interna ΔU dessa massa gasosa.

Aplicando a primeira lei da Termodinâmica, temos:

$$\Delta U = Q - \bar{Z} \Rightarrow \Delta U = -1.800 \text{ J} - (-300 \text{ J}) \Rightarrow \Delta U = -1.500 \text{ J}$$

Observe que, nesse processo representado esquematicamente na Figura A, a seguir, o gás perdeu para o meio 1.800 joules, na forma de calor, e recebeu apenas 300 joules, na forma de trabalho. Do balanço energético entre o trabalho recebido e o calor perdido, Figura B, concluímos que, nessa transformação, o gás teve sua energia interna diminuída em 1.500 joules ($\Delta U = -1.500 \text{ J}$), o que determina uma diminuição de temperatura do gás.



Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

4. É possível fornecer calor a um gás e sua temperatura diminuir? Justifique sua resposta.
5. A temperatura de um sistema pode permanecer constante mesmo quando ele recebe ou cede calor? Em caso afirmativo, dê exemplos.
6. Certa massa de gás perfeito realiza, ao se expandir, um trabalho de 250 joules. Se, durante esse processo, o gás recebeu 400 joules na forma de calor de uma fonte térmica, qual foi a variação da energia interna sofrida pelo gás?
7. Durante um processo termodinâmico, um agente externo comprime certa massa de gás perfeito, realizando um trabalho de 1.500 joules. Simultaneamente, o gás recebe 2.000 joules de calor de uma fonte térmica. Determine a variação da energia interna do gás no processo.
8. Certa quantidade de gás ideal expande-se, realizando um trabalho de 800 joules. Durante o mesmo processo termodinâmico, perde 600 joules de calor para o ambiente. Qual é a correspondente variação de energia interna que esse gás sofre no processo?
9. Num determinado experimento, um gás perfeito sofre uma expansão na qual o gás realiza um trabalho de 8.310 J e tem sua temperatura alterada de 27°C para 227°C . Sabendo que a quantidade de gás permaneceu inalterada (5 mols) e sendo $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ a constante universal dos gases perfeitos, determine:
 - a) a variação de energia interna sofrida pelo gás;
 - b) a quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente.
10. Determinada massa de gás perfeito é aquecida durante 30 minutos por uma fonte de calor de potência constante e igual a 100 W . Durante este aquecimento o gás expande-se e realiza um trabalho de $1,2 \cdot 10^5 \text{ J}$. Determine a variação de energia interna sofrida pelo gás durante este aquecimento.





1. Dois recipientes indeformáveis contêm massas diferentes de um mesmo gás ideal, à mesma temperatura inicial T . Fornecendo-se a cada um dos gases quantidades iguais de calor, constata-se que suas temperaturas passam a ser T_1 e T_2 , diferentes entre si e diferentes de T . Nessas circunstâncias, pode-se dizer que, após o fornecimento de calor:
- as energias internas dos gases, que eram inicialmente iguais, continuam iguais.
 - as energias internas dos gases, que eram inicialmente diferentes, continuam diferentes.
 - as energias internas dos gases, que eram inicialmente iguais, agora são diferentes.
 - as energias internas dos gases, que eram inicialmente diferentes, agora são iguais.
 - as energias internas dos gases variam.
2. (UFSC) Na figura abaixo, temos um pulverizador de compressão em inox e sua ficha técnica. Esse equipamento é utilizado em residências para pulverizar os jardins com veneno, a fim de eliminar insetos.

CORTESIA - GUARANYIND



Ficha técnica
Capacidade útil: 5 litros
Peso vazio: 4,6 kg
Vazão da ponta leque: 757 mL/min
Pressão máxima: 414 kPa

Disponível em: <<http://www.guaranyind.com.br/equipamento/pulverizador-de-compressao-previa-inox-super-2s-76l>>. [Adaptado].
Acesso em: 10 ago. 2017.

Em uma aula de Física, o professor utilizou o equipamento para contextualizar o tema gases ideais, desprezando qualquer alteração na temperatura e no volume do tanque, e fez algumas previsões para seus alunos a respeito do ar contido no interior do pulverizador vazio.

Considere: $R = 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ e $1 \text{ atm} = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Quanto às previsões que podem ser feitas pelo professor, é correto afirmar que:

- (01) quando acionamos algumas vezes a alavanca, a energia interna do ar contido no tanque aumenta.
 (02) a pressão do ar no interior do tanque não depende do número de mols do ar contido no tanque.
 (04) a energia interna do ar contido no tanque é diretamente proporcional ao número de mols do ar.
 (08) se o número de mols do ar contido no tanque for igual a 0,8 e sua temperatura for 27 °C, então a pressão nas paredes do tanque será, aproximadamente, de 394,0 kN/m².
 (16) podemos utilizar a equação $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ para relacionar as grandezas de dois estados distintos, antes e depois de acionarmos a alavanca.
 (32) quando acionamos a alavanca, o número de mols do ar contido no tanque aumenta.
 Dê como resposta a soma dos números que precedem as proposições corretas.
3. Em um experimento de laboratório, determinada massa de gás monoatômico, considerado ideal, passa por duas transformações isobáricas. Na primeira das transformações, sob pressão de 2 atm, o volume da massa gasosa passa de 2 L para 5 L; na segunda transformação, sob pressão de 1,5 atm, o volume do gás passa de 4 L para 8 L.

Para cada uma das transformações, determine:

- o trabalho \bar{C} realizado pelo gás;
- a variação da energia interna ΔU ;
- a quantidade de calor Q trocada pelo gás.

4. Dentro de um recipiente termicamente isolado do ambiente e de capacidade térmica desprezível, um sistema de pás giratórias agita 100 g de água, realizando um trabalho de 0,21 J a cada volta. Sendo 4,2 J/(g · °C) o calor específico da água, o número de voltas que o sistema deve dar para que a temperatura da água aumente 1 °C é:

- | | |
|----------|----------|
| a) 100 | d) 1.200 |
| b) 200 | e) 2.000 |
| c) 1.000 | |

- 5.** (UFRS) Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre a qual é realizado um trabalho de 80 J, durante uma compressão adiabática?
- a) 80 J
 - b) 40 J
 - c) zero
 - d) -40 J
 - e) -80 J
- 6.** (UECE) Do ponto de vista da primeira lei da termodinâmica, o balanço de energia de um dado sistema é dado em termos de três grandezas:
- a) pressão, volume e temperatura.
 - b) calor, energia interna e volume.
 - c) trabalho, calor e energia interna.
 - d) trabalho, calor e densidade.
- 7.** (UEFS-BA) A primeira lei da termodinâmica para sistemas fechados foi originalmente comprovada pela observação empírica, no entanto é hoje considerada como a definição de calor através da lei da conservação da energia e da definição de trabalho em termos de mudanças nos parâmetros externos de um sistema.
- Com base nos conhecimentos sobre a Termodinâmica, é correto afirmar:
- a) A energia interna de uma amostra de um gás ideal é função da pressão e da temperatura absoluta.
 - b) Ao receber uma quantidade de calor Q igual a 48,0 J, um gás realiza um trabalho igual a 16,0 J, tendo uma variação da energia interna do sistema igual 64,0 J.
 - c) A energia interna, o trabalho realizado e a quantidade de calor recebida ou cedida independem do processo que leva o sistema do estado inicial A até um estado final B.
 - d) Quando se fornece a um sistema certa quantidade de energia Q , esta energia pode ser usada apenas para o sistema realizar trabalho.
 - e) Nos processos cíclicos, a energia interna não varia, pois volume, pressão e temperatura são iguais no estado inicial e final.
- 8.** (UESPI) Um estudante encontra num livro a primeira lei da Termodinâmica escrita na forma
- 8. e** $\Delta E = -(Q + \bar{W})$, onde ΔE denota a variação da energia interna de um sistema sob uma transformação termodinâmica. Se, numa transformação, o sistema absorve 6 J de calor e realiza trabalho de 8 J, os valores de Q e \bar{W} compatíveis com essa expressão para ΔE são, respectivamente:
- a) $Q = -6$ J e $\bar{W} = -8$ J
 - b) $Q = 0$ e $\bar{W} = 0$
 - c) $Q = 6$ J e $\bar{W} = -8$ J
 - d) $Q = 6$ J e $\bar{W} = 8$ J
 - e) $Q = -6$ J e $\bar{W} = 8$ J
- 9.** (UniUbe-MG) A primeira lei da termodinâmica nada mais é que o princípio da conservação de energia, que, apesar de ser estudado para os gases, pode ser aplicado em quaisquer processos em que a energia de um sistema é trocada com o meio externo na forma de calor e trabalho. Observe a seguinte situação:
- Um sistema termodinâmico realiza um trabalho de 80 kcal quando recebe 60 kcal de calor. Nesse processo, a variação de energia interna desse sistema é de:
- a) 10 kcal
 - b) Zero
 - c) 35 kcal
 - d) -10 kcal
 - e) -20 kcal

SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA



JUAN ENRIQUE DEL BARRO/SHUTTERSTOCK

Os primeiros painéis fotovoltaicos autossuficientes na Europa fornecem energia gratuitamente para automóveis elétricos. San Ildefonso, Espanha, 2018.

A busca por fontes de energia sustentáveis, em vista das consequências dos danos aos ambientes naturais e à saúde causados pela poluição, e a dependência da produção de petróleo motivaram o investimento em várias pesquisas científicas que resultaram em soluções que vêm sendo colocadas em prática, ainda que em ritmo lento.

Com base nas pesquisas científicas, foi possível criar, por exemplo, as usinas solares e eólicas e os motores de veículos movidos a energia elétrica em vez de combustíveis derivados de petróleo. Além da variação de preço do barril de petróleo no mercado internacional, que exige gastos contínuos dos países, há a relativamente baixa eficiência dos motores de combustão, pois, para cada litro de gasolina consumido, apenas cerca de $\frac{1}{5}$ dessa energia é convertido em trabalho para a movimentação do veículo. O funcionamento de um motor de combustão, conforme veremos neste capítulo, fundamenta-se nos princípios das máquinas térmicas, que transformam calor em trabalho mecânico.

A demanda por combustíveis mais baratos e que proporcionem rendimentos cada vez maiores aumentou o interesse das empresas e da sociedade pelos carros elétricos ou híbridos, que possam utilizar gasolina, etanol ou energia elétrica. E, ao contrário do que possa parecer, não é preciso pagar mais caro pela conta de luz para abastecer o carro elétrico, pois é possível abastecê-lo com energia solar.

1. Introdução

Durante séculos, os seres humanos dependeram da própria força muscular e da tração dos animais para arar a terra e produzir alimentos e bens materiais.

Ao longo dos séculos XVIII e XIX, o trabalho muscular foi gradativamente substituído pelo de máquinas que, em geral, extraíam energia do calor gerado pela queima de algum tipo de combustível.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT102**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CHS103**
- **EM13LGG303**
- **EM13LGG304**
- **EM13MAT510**

Com base em seus experimentos com máquinas térmicas, alguns cientistas, como Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), Rudolf Clausius (1822-1888) e William Thomson (1824-1907), mais conhecido como Lorde Kelvin, estabeleceram certas condições para o aproveitamento da energia obtida com essas máquinas.

Em 1824, o engenheiro militar francês Sadi Carnot publicou sua única obra, *Reflexões sobre a potência motriz do fogo e sobre as máquinas capazes de desenvolver essa potência*, que apresentou os fundamentos de uma nova ciência para a época, a **Termodinâmica**.

O trabalho de Carnot, inicialmente ignorado pela comunidade científica da época, foi utilizado por Kelvin na formulação da segunda lei da Termodinâmica e por Clausius na formalização do conceito de entropia.

2. Máquinas térmicas

Máquinas, de modo geral, são construídas com o objetivo de transformar algum tipo de energia em trabalho, isto é, um tipo de energia que alimente algum processo mecânico. Em uma máquina térmica, ocorre a conversão da energia térmica (calor) em trabalho (energia mecânica). Em alguns casos, essa energia térmica provém de reações químicas, como acontece nos motores de combustão dos veículos automotores ou nas caldeiras.

O princípio de funcionamento das **máquinas térmicas** foi estabelecido por Carnot. Estudando essas máquinas, ele percebeu que era necessário que elas funcionassem entre duas fontes de calor mantidas em **diferentes temperaturas**, denominadas **fonte quente** e **fonte fria**.

Num motor de automóvel, a fonte quente é a câmara do pistão, onde ocorre a queima do combustível. A fonte fria é o meio ambiente, onde são descarregados os resíduos da combustão.

Portanto, uma máquina térmica retira uma quantidade de calor Q_1 da fonte quente, realiza uma quantidade de trabalho ζ e rejeita uma quantidade de calor Q_2 para a fonte fria (Fig. 1).

A diferença entre os valores absolutos das duas quantidades de calor é o trabalho ζ realizado pela máquina térmica:

$$\zeta = Q_1 - Q_2$$

A Figura 2 mostra um motor de combustão externa, conhecido como motor Stirling. Nesse motor, a queima externa de um combustível aciona o êmbolo do pistão que move a polia. O movimento da polia pode, por exemplo, ser usado para acionar um gerador elétrico. No exemplo resolvido a seguir, fazemos uma análise mais detalhada dessa máquina térmica.

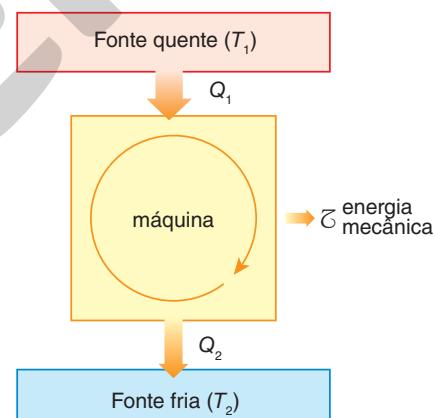
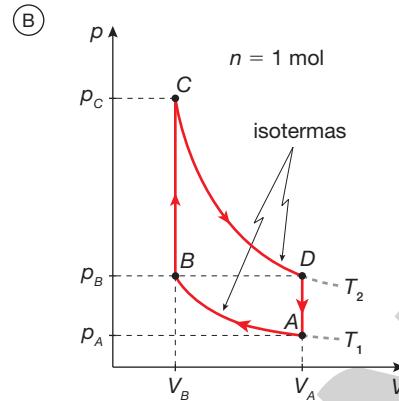
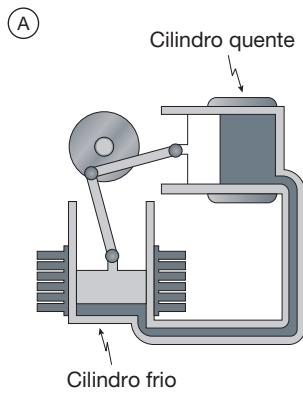


Figura 1 Representação do funcionamento de uma máquina térmica.



Figura 2 Motor de combustão externa, ou motor Stirling.

O motor Stirling é considerado ecológico, pois pode funcionar com diversas fontes energéticas. A Figura A mostra um esquema de motor Stirling com dois cilindros. O ciclo termodinâmico de Stirling, mostrado na Figura B, representa o processo em que o combustível é queimado externamente para aquecer um dos dois cilindros do motor. Nesse processo, uma quantidade fixa de gás inerte se move entre eles, expandindo-se e contraindo-se.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

O diagrama $p \times V$ representa um ciclo de Stirling para um mol de gás ideal monoatômico. No estado A, a pressão é $p_A = 4$ atm, a temperatura é $T_1 = 27^\circ\text{C}$ (300 K) e o volume é V_A . A partir do estado A, o gás é comprimido isotermicamente até um terço do volume inicial, atingindo o estado B. Na isotermia T_1 , a quantidade de calor trocada é $Q_1 = 2.640$ J e, na isotermia T_2 , é $Q_2 = 7.910$ J.

Dados:

Calor específico molar a volume constante do gás: $C_V = 3R/2$

Constante universal dos gases: $R = 8 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 0,08 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

Determine:

- a pressão p_B ;
- a temperatura T_2 ;
- o trabalho realizado pelo motor em cada ciclo;
- a porcentagem de energia aproveitada pelo motor.

Resolução:

- a) Como $p_B = p_D$, na transformação isotérmica AB, temos:

$$p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B \Rightarrow 4 \cdot V_A = p_B \cdot \frac{V_A}{3} \therefore p_B = 12 \text{ atm}$$

- b) Na transformação isométrica DA, temos:

$$\frac{p_A}{T_1} = \frac{p_D}{T_2} \Rightarrow \frac{4}{300} = \frac{12}{T_2} \therefore T_2 = 900 \text{ K} = 627^\circ\text{C}$$

- c) Nas transformações DA e BC, temos $Q_{DA} = -Q_{BC}$. Portanto:

$$\begin{aligned} \bar{Q} &= Q_{BCD} - Q_{DAB} \Rightarrow \bar{Q} = Q_{BC} + Q_{CD} - (Q_{DA} + Q_{AB}) \Rightarrow \bar{Q} = Q_{CD} - Q_{AB} \Rightarrow \\ &= -Q_{BC} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \bar{Q} = 7.910 - 2.640 \therefore \bar{Q} = 5.270 \text{ J}$$

- d) Cálculo da quantidade total de calor retirado da fonte quente:

$$Q_{BCD} = Q_{BC} + Q_{CD} \Rightarrow Q_{BCD} = n \cdot C_V \cdot \Delta T + Q_{CD} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{BCD} = 1 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8 \cdot (900 - 300) + 7.910 \therefore Q_{BCD} = 15.110 \text{ J}$$

A porcentagem de energia aproveitada pelo motor pode ser obtida por meio do cálculo do rendimento; assim:

$$\eta = \frac{\bar{Q}}{Q_{BCD}} \Rightarrow \eta = \frac{5.270 \text{ J}}{15.110 \text{ J}} \Rightarrow \eta \approx 35\%$$

✓ 3. Segunda lei da Termodinâmica

Vimos que a primeira lei da Termodinâmica estabelece que a energia sempre se conserva, não importando em quais formas ela se apresenta. Entretanto, em alguns processos, a conversão de energia de uma forma em outra nem sempre é possível, apesar de esses processos não violarem a primeira lei da Termodinâmica. A viabilidade ou não de tais processos é determinada pela segunda lei da Termodinâmica. De certo modo, a segunda lei da Termodinâmica determina o sentido preferencial (ou natural) de ocorrência de determinados processos. Ela determina a “seta do tempo” para os fenômenos da natureza.

Ao deslocar um objeto sobre uma superfície áspera, parte do trabalho realizado sobre ele é convertida em calor devido ao atrito. Se fizermos o corpo voltar à posição inicial pela mesma trajetória, não vamos recuperar a quantidade de energia térmica gerada no deslocamento inicial. Nesse processo, a conversão de trabalho em calor é **irreversível**.

Outro exemplo é a transferência de calor de um corpo quente para um corpo frio, que ocorre de forma natural. Esse processo também é irreversível, pois a transferência de calor no sentido inverso, do corpo frio para o corpo quente, não ocorre de forma natural e necessita de um agente externo para que possa ocorrer.

A segunda lei da Termodinâmica pode ser enunciada de vários modos. Vamos apresentar dois desses enunciados propostos pelos físicos William Thomson (Lord Kelvin) e Rudolf Clausius, criador do termo *entropia*, conceito que estudaremos adiante.

De acordo com Kelvin:

Nenhum processo cíclico é possível se o resultado for transformar integralmente calor em trabalho.

Essencialmente, o enunciado de Kelvin determina que **não existe** máquina térmica ideal, isto é, que possa converter toda a energia retirada da fonte quente em trabalho.

De acordo com Clausius:

Nenhum processo cíclico é possível se o resultado for unicamente transferir calor de um corpo mais frio para outro mais quente.

O enunciado de Clausius determina que **não podemos** inverter o sentido natural do fluxo de calor sem intervenção externa, isto é, para que possamos transferir calor de um corpo frio para outro corpo mais quente, é necessária a atuação de um agente externo.

✓ 4. Rendimento de uma máquina térmica

A partir do enunciado de Kelvin, sabemos que uma máquina térmica converte em trabalho apenas uma parte da energia térmica retirada da fonte quente. A razão entre o trabalho \bar{Q} , realizado pela máquina, e a quantidade de calor Q_1 , retirada da fonte quente, dá uma ideia do aproveitamento de energia dessa máquina. Essa razão é denominada **rendimento** da máquina térmica, que é representado pela letra grega *eta* (η):

$$\eta = \frac{\bar{Q}}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Em geral, o rendimento de uma máquina é expresso em porcentagem, e, sendo \bar{Q} sempre menor que Q_1 , teremos $\eta < 1$ ou $\eta < 100\%$ para qualquer máquina.

Observação: não existe máquina térmica com rendimento 100%. Se assim fosse, deveríamos ter $Q_2 = 0$ e $\bar{Q} = Q_1$, o que contraria o enunciado de Kelvin da segunda lei da Termodinâmica.

Dialogando com o texto

Na abertura do capítulo, chamamos sua atenção para o aumento do interesse das empresas e da sociedade pelos carros elétricos em substituição aos carros movidos a gasolina ou álcool. No entanto, várias dúvidas surgem quando compararmos a eficiência desses veículos.

Faça uma tabela comparativa sobre esses dois tipos de veículos (elétrico e não elétrico). Quais são os prós e os contras dos carros elétricos em relação aos carros de combustão interna? Qual é o mais eficiente? Divulgue suas conclusões para os colegas e verifique se são semelhantes às deles.

No exemplo a seguir, vamos aplicar quantitativamente o conceito de rendimento de uma máquina térmica.

Uma máquina térmica recebe 200 calorias da fonte quente e rejeita 160 calorias para a fonte fria a cada ciclo. Supondo que a máquina realize cinco ciclos por segundo, determine:

- o trabalho realizado em joule por essa máquina em cada ciclo. Adote: 1 cal = 4,2 J;
- o rendimento dessa máquina térmica;
- a potência útil dessa máquina, em watt (W).

Resolução:

a) O trabalho realizado em um ciclo corresponde à diferença entre as quantidades de calor absorvida e rejeitada. Sendo $Q_1 = 200$ cal e $Q_2 = 160$ cal, temos:

$$\bar{C} = Q_1 - Q_2 \Rightarrow \bar{C} = 200 - 160 \therefore \bar{C} = 40 \text{ cal}$$

$$\bar{C} = 40 \cdot 4,2 \therefore \bar{C} = 168 \text{ J}$$

b) O rendimento da máquina térmica é dado por:

$$\eta = \frac{\bar{C}}{Q_1} \Rightarrow \eta = \frac{40 \text{ cal}}{200 \text{ cal}} \therefore \eta = 0,20 = 20\%$$

c) Como são realizados cinco ciclos por segundo, temos:

$$C_{\text{total}} = 5 \cdot \bar{C} \Rightarrow C_{\text{total}} = 5 \cdot 168 \text{ J} \Rightarrow C_{\text{total}} = 840 \text{ J}$$

A potência útil será:

$$P = \frac{C_{\text{total}}}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{840 \text{ J}}{1 \text{ s}} \Rightarrow P = 840 \text{ W}$$

5. Máquina frigorífica ou refrigerador

A máquina frigorífica é uma bomba de calor que transfere calor de um local mais frio para outro mais quente, isto é, atua no sentido inverso ao que ocorre de maneira espontânea. Portanto, seu funcionamento é exatamente oposto ao da máquina térmica. Vimos, no enunciado de Clausius, que esse funcionamento exige a participação de algum agente externo que forneça energia a essa máquina.

Nos refrigeradores comuns, o calor é retirado do congelador e transferido para o meio externo por meio do trabalho realizado pelo compressor, que consome energia de alguma fonte externa. Genericamente, a máquina frigorífica retira uma quantidade de calor Q_2 da fonte fria (congelador) e entrega à fonte quente (meio ambiente) uma quantidade de calor Q_1 , correspondente à soma da quantidade de calor Q_2 com o trabalho externo \bar{C} , que é convertido em calor no processo ($Q_1 = Q_2 + \bar{C}$). A Figura 3 mostra de forma esquemática o funcionamento de uma máquina frigorífica.

Para uma máquina frigorífica, definimos a grandeza denominada eficiência (e), dada pela razão entre a quantidade de calor Q_2 , retirada da fonte fria, e o trabalho \bar{C} , recebido do exterior. Algebricamente, temos:

$$e = \frac{Q_2}{\bar{C}}$$

Portanto, um bom refrigerador deve retirar uma grande quantidade de calor Q_2 "consumindo" pouco trabalho \bar{C} .

No exemplo a seguir, veremos que uma máquina térmica pode ser usada como refrigerador, isto é, como uma bomba de calor.

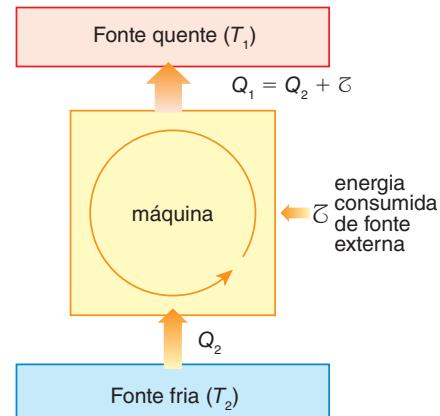


Figura 3 Representação esquemática de uma máquina frigorífica ou bomba de calor.

Atividade em grupo

Atualmente, muitas geladeiras são do tipo *frost-free*, e os congeladores não acumulam gelo como nos modelos mais antigos.

Em grupo, façam uma pesquisa ou entrevistem um profissional da área de refrigeração para entender como essas geladeiras evitam a formação do gelo e como isso afeta o consumo de energia elétrica do aparelho. Antes de expor o resultado da pesquisa ou da entrevista, os integrantes do grupo devem se organizar para a apresentação. Parte do grupo deverá explicar para a turma o funcionamento desse tipo de geladeira, outra parte do grupo apresentará suas vantagens em comparação com os modelos convencionais e, finalmente, o restante do grupo apresentará as desvantagens desses eletrodomésticos.

Um refrigerador opera de modo que as quantidades de calor trocadas com as fontes são diretamente proporcionais às temperaturas absolutas dessas fontes. Para cada joule de calor (Q_2) retirado do congelador, a uma temperatura $T_2 = -23^\circ\text{C}$ (250 K), essa máquina entrega uma quantidade de calor Q_1 ao meio ambiente, que está a uma temperatura $T_1 = 77^\circ\text{C}$ (350 K). Determine:

- a) a eficiência dessa máquina;
- b) o valor de Q_1 .

Resolução:

a) Como as quantidades de calor trocadas com as fontes são diretamente proporcionais às temperaturas absolutas dessas fontes, temos:

$$Q_1 = k \cdot T_1 \quad \text{e} \quad Q_2 = k \cdot T_2$$

Portanto:

$$\zeta = Q_1 - Q_2 = k \cdot (T_1 - T_2)$$

Assim, a eficiência dessa máquina é:

$$e = \frac{Q_1}{W} \Rightarrow e = \frac{k \cdot T_2}{k \cdot (T_1 - T_2)} \Rightarrow e = \frac{T_2}{(T_1 - T_2)} \Rightarrow e = \frac{250}{(350 - 250)}$$

$$\therefore e = 2,5$$

b) Usando novamente a proporção entre calor trocado e temperatura, temos:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \Rightarrow \frac{Q_1}{350} = \frac{1}{250} \quad \therefore Q_1 = 1,4 \text{ J}$$

Observação: veremos adiante que esse tipo de máquina, em que o calor trocado é diretamente proporcional à temperatura, é conhecido como máquina de Carnot.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Pode-se afirmar que máquina térmica é toda máquina capaz de transformar calor em trabalho continuamente. Então, qual dos dispositivos citados a seguir pode ser considerado uma máquina térmica?
 - a) Motor elétrico.
 - b) Bomba atômica.
 - c) Motor a álcool.
 - d) Torneira elétrica.
 - e) Panela de pressão.
2. Em uma sala fechada e isolada termicamente,
2. c uma geladeira em funcionamento tem, em dado instante, a porta completamente aberta. Antes da abertura da porta, a temperatura da sala está maior que a do interior da geladeira. Após a abertura da porta, a temperatura da sala:
 - a) diminui até que o equilíbrio térmico seja estabelecido;
 - b) diminui continuamente enquanto a porta permanecer aberta;
 - c) diminui inicialmente, mas, depois, será maior do que quando a porta foi aberta.
3. Um engenheiro está projetando uma máquina térmica que realizará 6 ciclos por segundo durante a operação. Em cada ciclo, a máquina retira do reservatório quente uma quantidade de calor $Q_1 = 250 \text{ J}$ e rejeita para o reservatório frio uma quantidade $Q_2 = 180 \text{ J}$. Determine:
 - a) o trabalho realizado por essa máquina a cada segundo;
 - b) a potência útil dessa máquina;
 - c) o rendimento dessa máquina térmica.
4. Em um refrigerador doméstico, o compressor realiza um trabalho de $2,0 \cdot 10^4 \text{ J}$ em cada ciclo da substância refrigerante. Com isso, são retirados $1,0 \cdot 10^5 \text{ J}$ de calor do congelador, por ciclo. Determine:
 - a) a quantidade de calor transferida para o meio externo pelo sistema dissipador de calor;
 - b) a eficiência desse refrigerador.

6. Máquina de Carnot

Uma máquina de Carnot não é realmente uma máquina, é um modelo teórico que descreve uma máquina térmica fictícia capaz de obter o maior rendimento possível operando entre duas temperaturas. Para isso, Carnot idealizou um ciclo termodinâmico que leva seu nome, o **ciclo de Carnot**. Conforme veremos mais adiante, esse modelo teórico serve de parâmetro para a avaliação do desempenho de máquinas térmicas reais.

O ciclo de Carnot é constituído de quatro etapas, partindo do ponto A (Fig. 4):

1. Uma expansão isotérmica (AB) na temperatura T_1 na qual a máquina retira uma quantidade de calor Q_1 da fonte quente.
2. Uma expansão adiabática (BC) na qual a temperatura diminui de T_1 para T_2 .
3. Uma compressão isotérmica (CD) na temperatura T_2 na qual a máquina cede uma quantidade de calor Q_2 à fonte fria.
4. Uma compressão adiabática (DA) na qual a temperatura se eleva de T_2 para T_1 .

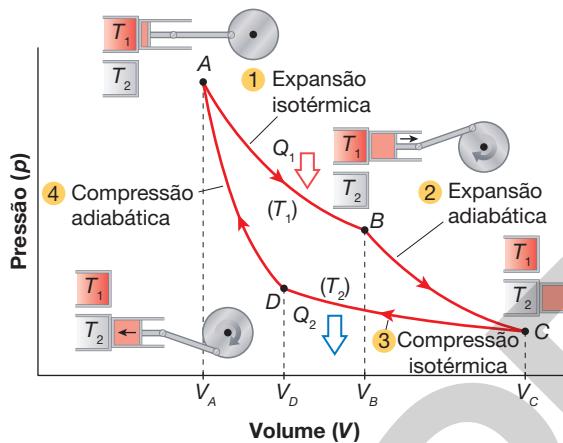


Figura 4 Ciclo de Carnot. Ciclo de máximo rendimento entre as temperaturas T_1 (maior) para T_2 (menor).

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

Carnot demonstrou que uma máquina térmica que realizasse esse ciclo entre as temperaturas absolutas T_1 , da fonte quente, e T_2 , da fonte fria, teria **rendimento máximo** dado por:

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Qualquer máquina térmica que opere entre essas mesmas temperaturas, realizando outro ciclo termodinâmico, terá rendimento menor que esse.

Vamos explorar o conceito de máquina de Carnot por meio de um exemplo.

Um inventor, procurando melhorar o aproveitamento de energia de um de seus inventos, alega ter projetado uma máquina térmica que, a cada ciclo, retira 250 cal de uma fonte de calor a uma temperatura constante de 227 °C (500 K), gera certa quantidade de energia mecânica e rejeita 100 cal ao meio ambiente, que é mantido a uma temperatura de 27 °C (300 K). Usando seus conhecimentos sobre máquinas térmicas, avalie a veracidade da alegação do inventor.

Resolução:

O rendimento da máquina do inventor é dado por:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{250 - 100}{250} \text{ cal} = \frac{150}{250} = 0,6 = 60\%$$

No entanto, o rendimento máximo possível entre as temperaturas indicadas é dado por:

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta_{\max} = 1 - \frac{300}{500} \therefore \eta_{\max} = 0,40 = 40\%$$

Comparando os resultados, concluímos que a alegação do inventor não é verdadeira. A máquina projetada por ele **não pode** ter rendimento superior ao da máquina ideal de Carnot operando entre as mesmas temperaturas.



5. Uma máquina térmica opera entre uma fonte quente a 327 °C e uma fonte fria a 27 °C. Portanto, 5. d podemos afirmar que o rendimento η dessa máquina:
- é igual a 50%;
 - está entre 95% e 100%;
 - é muito próximo de 92%;
 - certamente é menor que 50%.
6. Uma máquina de Carnot tem rendimento de 40% ao operar entre as temperaturas T_1 (maior) 6. d e T_2 (menor). Se dobrarmos a temperatura absoluta da fonte quente e reduzirmos à metade a temperatura absoluta da fonte fria, o rendimento dessa máquina:
- dobrará;
 - ficará igual;
 - passará a ser 60%;
 - aumentará 45%;
 - aumentará para 100%.

7. Processos naturais irreversíveis

Suponha que, em um dia muito frio, você segure com as duas mãos uma caneca de chocolate bem quente. Com o passar do tempo, as palmas de suas mãos vão se aquecer e a superfície da caneca vai esfriar um pouco. Ninguém esperaria que o oposto fosse ocorrer, isto é, que suas mãos ficassem ainda mais frias, aquecendo ainda mais a caneca quente. Esse processo tem um sentido preferencial para ocorrer.

Abrir um frasco de perfume em uma sala fechada, permitindo que um pouco do seu conteúdo evapore, é também um processo de “mão única”. As moléculas de perfume que escaparam não vão espontaneamente se juntar e voltar para o interior do frasco.

Processos que têm uma tendência preferencial para ocorrer em dado sentido são chamados de **irreversíveis**, isto é, eles não revertem espontaneamente o sentido em que ocorreram.

Clausius elaborou um conceito físico para explicar o sentido preferencial de ocorrência desses processos, chamando-o de **entropia**, do grego *en-* (dentro, conteúdo) e *tropos* (transformação, tendência), algo como “conteúdo de transformação” ou “tendência de transformação interna”.

A entropia indica o grau de transformação do sistema ao passar de um estado para outro.

Ao contrário da energia, a entropia não está associada a uma lei de conservação. A entropia de um sistema isolado tem uma tendência natural de aumentar. Quando um sistema evolui, tendendo a um estado de equilíbrio termodinâmico, sua entropia tende ao valor máximo.

Nas máquinas térmicas reversíveis, ou ideais, a razão $\frac{Q}{T}$ para a quantidade de calor absorvida da fonte quente e para a quantidade de calor descartada para a fonte fria é a mesma, isto é, $\frac{|Q_1|}{T_1} = \frac{|Q_2|}{T_2}$.

À razão $\frac{Q}{T}$ Clausius deu o nome de **entropia** e adotou a letra *S* para representá-la. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade da entropia é **joule/kelvin** (J/K).

Portanto, podemos afirmar que:

Nos processos reversíveis, a variação da entropia do sistema é nula.

Em um processo qualquer, a variação da entropia é definida por:

$$S = \frac{\Delta Q}{T}$$

em que ΔQ é a quantidade de calor trocada pelo sistema no processo.



Com base nessa definição, se $\Delta Q = 0$, temos $\Delta S = 0$. Portanto, uma transformação adiabática, sem troca de calor, também é **isentrópica**, ou seja, é um processo no qual a entropia permanece constante.

No exemplo a seguir, vamos calcular a variação da entropia de uma máquina térmica.

Uma máquina térmica recebe, a cada ciclo, $Q_1 = 600$ J de calor da fonte quente, que está à temperatura $T_1 = 400$ K, e rejeita $Q_2 = 500$ J de calor para a fonte fria, que está a $T_2 = 200$ K.

Determine:

- se essa máquina térmica realiza ou não um processo reversível;
- a variação de entropia dessa máquina térmica, em cada ciclo.

Resolução:

a) Calculando a razão $S = \frac{Q}{T}$ para cada fonte, temos:

$$S_1 = \frac{|Q_1|}{T_1} \Rightarrow S_1 = \frac{600}{400} \therefore S_1 = 1,5 \text{ J/K}$$

$$S_2 = \frac{|Q_2|}{T_2} \Rightarrow S_2 = \frac{500}{200} \therefore S_2 = 2,5 \text{ J/K}$$

Como as razões não são iguais, concluímos que essa máquina térmica **não realiza** um processo reversível.

b) $\Delta S = S_2 - S_1 = 2,5 \text{ J/K} - 1,5 \text{ J/K} \therefore \Delta S = 1,0 \text{ J/K}$

Se o processo fosse reversível, teríamos $\Delta S = 0$.

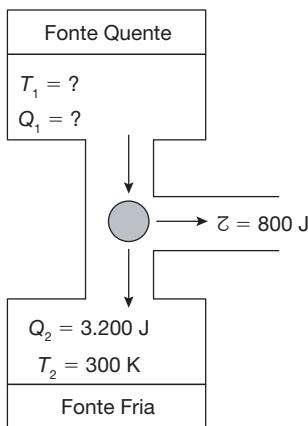
Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

7. A entropia, entre outras características, está associada à “seta do tempo”, porque estabelece o sentido em que um processo natural ocorre. Imagine-se assistindo a um filme que mostra diversos processos que acontecem no dia a dia e que podem ser projetados como realmente aconteceram ou no sentido inverso.
 - Cite dois ou três processos que denunciariam, sem a menor dúvida, que o filme está sendo projetado “de trás para a frente”.
 - Como são chamados esses processos?
 - Cite dois processos que não permitem saber se o filme está sendo projetado no sentido em que os processos ocorreram ou no sentido inverso.
8. Calcule a variação de entropia após a fusão de 27,3 g de gelo a 0 °C. Dado: calor específico latente de fusão do gelo $L_f = 333,6 \text{ J/g}$.
9. Represente o ciclo de Carnot em um diagrama $T \times S$ (temperatura absoluta versus entropia).
10. Qual deveria ser a condição para que uma máquina de Carnot tivesse um rendimento de 100%? Considerando a segunda lei da Termodinâmica, explique o que se pode concluir a respeito da resposta a essa pergunta.
11. O ciclo de Carnot se caracteriza por ser isoentrópico, isto é, ele se realiza sem que a entropia se modifique. Com base nessa informação, demonstre que, numa máquina de Carnot, as quantidades de calor trocadas com as fontes térmicas são proporcionais às respectivas temperaturas absolutas dessas fontes.



- 1.** (PUCCamp) O esquema a seguir representa trocas de calor e realização de trabalho em uma máquina térmica. Os valores de T_1 e Q_1 não foram indicados, mas deverão ser calculados para a solução desta questão.



Considerando os dados indicados no esquema, se essa máquina operasse segundo um ciclo de Carnot, a temperatura T_1 , da fonte quente, seria, em kelvins, igual a:

- a)** 375. **d)** 1.200.
b) 400. **e)** 1.500.
c) 500.
- 2.** (UFRGS-RS) Um projeto propõe a construção de três máquinas térmicas, M_1 , M_2 e M_3 , que devem operar entre as temperaturas de 250 K e 500 K, ou seja, que tenham rendimento ideal igual a 50%. Em cada ciclo de funcionamento, o calor absorvido por todas é o mesmo: $Q = 20 \text{ kJ}$, mas espera-se que cada uma delas realize o trabalho Z mostrado na tabela abaixo.

Máquina	Z
M_1	20 kJ
M_2	12 kJ
M_3	8 kJ

De acordo com a segunda lei da Termodinâmica, verifica-se que somente é possível a construção da(s) máquina(s):

- a)** M_1 .
b) M_2 .
c) M_3 .
d) M_1 e M_2 .
e) M_2 e M_3 .
- 3.** (Enem) Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores a combustão e reduzir suas emissões de poluentes são a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria, e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

- a)** o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
b) um dos princípios da Termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
c) o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.

- d) as forças de atrito, inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
- e) a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.
- 4.** (Unicamp-SP) Com a instalação do gasoduto Brasil-Bolívia, a quota de participação do gás natural na geração de energia elétrica no Brasil será significativamente ampliada. Ao se queimar 1,0 kg de gás natural obtém-se $5,0 \times 10^7$ J de calor, parte do qual pode ser convertida em trabalho em uma usina termoelétrica. Considere uma usina queimando 7.200 quilogramas de gás natural por hora, a uma temperatura de 1.227 °C. O calor não aproveitado na produção de trabalho é cedido para um rio de vazão 5.000 L/s, cujas águas estão inicialmente a 27 °C. A maior eficiência teórica da conversão de calor em trabalho é dada por $\eta_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_{\text{mín}}}{T_{\text{máx}}}$, sendo $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{máx}}$ as temperaturas das fontes fria e quente, respectivamente, ambas expressas em Kelvin. Considere o calor específico sensível da água $c = 4.000 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$.
- a) Determine a potência gerada por uma usina cuja eficiência é metade da máxima teórica.
- b) Determine o aumento de temperatura da água do rio ao passar pela usina.
- 5.** (Enem) Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e outra fria), obter 100% de rendimento. Tal limitação ocorre porque essas máquinas
- a) realizam trabalho mecânico.
- b) produzem aumento da entropia.
- c) utilizam transformações adiabáticas.
- d) contrariam a lei da conservação de energia.
- e) funcionam com temperatura igual à da fonte quente.
- 6.** (Enem) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

- De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a
- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.
- 7.** (UFPR) Os estudos científicos desenvolvidos pelo engenheiro francês Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) na tentativa de melhorar o rendimento de máquinas térmicas serviram de base para a formulação da segunda lei da termodinâmica. Acerca do tema, considere as seguintes afirmativas:
- O rendimento de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho realizado pela máquina num ciclo e o calor retirado do reservatório quente nesse ciclo.
 - Os refrigeradores são máquinas térmicas que transferem calor de um sistema de menor temperatura para outro a uma temperatura mais elevada.
 - É possível construir uma máquina, que opera em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.

Indique no caderno a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

DINÂMICA DAS POPULAÇÕES E SUCESSÃO ECOLÓGICA

DAMIEN POULENOT/WI/GETTY IMAGES



Fotografia de uma praia em Saquarema, RJ, 2019. Você consegue imaginar o mundo inteiro tão superpovoado assim?

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

As populações naturais interagem dinamicamente em suas comunidades biológicas. A trama ecológica, construída ao longo de milhões de anos de evolução, recentemente tem sofrido fortes influências antrópicas ou, em termos menos técnicos, da espécie humana; *anthropus*, em grego, significa "ser humano". O grande aumento da população humana mundial agrava cada vez mais os desequilíbrios ecológicos. Biomas inteiros estão sob ameaça de extinção. Somente a compreensão da natureza e o desenvolvimento de uma consciência ecológica, com foco na sustentabilidade, poderão nos ajudar a resolver as graves crises ambientais que se avizinharam.

Os dados sobre o crescimento da população humana são realmente impressionantes. Segundo estimativas recentes, a população mundial atingiu 7,7 bilhões de pessoas em abril de 2019. Em 1950 eram "apenas" 2,5 bilhões. Ou seja, o número de seres humanos no planeta mais que triplicou nos últimos 69 anos e poderá ultrapassar os 11,2 bilhões em 2100.

Segundo dados do Fundo de Populações das Nações Unidas, o primeiro bilhão de pessoas foi atingido em 1804. A população levou 123 anos para dobrar de tamanho e atingir os 2 bilhões, o que ocorreu em 1927. Cerca de 47 anos depois, em 1974, a população atingiu a cifra de 4 bilhões de pessoas. Em 2019, já éramos nada menos que, 7,7 bilhões. Os demógrafos estimam que a humanidade contará com 8 bilhões de pessoas por volta de 2024.

Em 1798 o demógrafo e economista britânico Thomas Malthus (1766-1834) teorizou que haveria fome e crise social no futuro se o crescimento populacional não fosse freado. As previsões de Malthus não consideraram, porém, que haveria progressos científicos e tecnológicos capazes de aumentar consideravelmente a produção de alimentos, além de outros fatores, como a evolução dos métodos de controle da natalidade, a diminuição do número de filhos por mulher e o planejamento familiar. A principal crítica a Malthus e a seus seguidores mais modernos, os neomalthusianos, é a visão simplista de que a pobreza e a fome no planeta decorrem apenas do tamanho da população, e não da má distribuição das riquezas. Além disso, há uma corrente de pensamento que defende exatamente o contrário: a superpopulação é que é consequência direta da pobreza, da falta de informação e de melhores condições de vida dos povos do mundo.

Estudar as populações biológicas é importante porque elas são unidades funcionais básicas nos ecossistemas, estando na base dos sistemas ecológicos. O estudo de certas características de uma população ao longo do tempo informa se ela está em expansão, em declínio ou estável, o que permite estabelecer correlações com fatores como disponibilidade de alimento e clima, entre outros.

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT302
- EM13CHS201

Atividade em grupo

O debate sobre o crescimento da população humana abrange disciplinas como Geografia, História, Filosofia e Matemática, e provavelmente estará cada vez mais presente em nossa vida, uma vez que o número de pessoas no mundo pode ultrapassar a capacidade de suporte do planeta. Forme um grupo de colegas para entrevistar os professores das disciplinas anteriormente mencionadas e pergunte a opinião deles sobre o crescimento da população mundial. Além de se informar com os professores sobre as ideias de Thomas Malthus, pesquise sobre o tema “população humana” na internet. Apesar da complexidade do assunto, o desafio para o grupo é elaborar um texto de no máximo uma página que reúna as principais informações e projeções sobre o crescimento da população humana.

Ainda há muitas divergências acerca do crescimento da população humana e sua relação com a pobreza e a desigualdade social no mundo. Como já foi dito, alguns estudiosos consideram que a miséria e a fome no mundo estão mais relacionadas às más políticas de distribuição de recursos do que à superpopulação. Entretanto, não há dúvida de que muitos problemas da humanidade se agravam quando o ambiente natural é degradado, o que é consequência direta da quantidade de pessoas que o exploram.

Neste capítulo, estudaremos, além das populações, a sucessão ecológica, processo pelo qual populações e comunidades se sucedem e evoluem durante a colonização de uma área. Diferentes tipos de comunidades atingem seu clímax em diversos locais do planeta: cerrados, savanas, florestas, desertos etc. A valorização e a preservação desses ambientes naturais são grandes desafios atuais e futuros para a humanidade. Reconhecer as feições características de cada ambiente e estar informado sobre o crescimento da população humana são ações pela cidadania.

1. Características das populações biológicas

O conceito de população

População biológica é definida como um conjunto de indivíduos de mesma espécie que convivem em determinada área e que podem cruzar entre si de forma natural.

Vamos partir de um exemplo hipotético em que duas espécies distintas, uma de pássaros e uma de ratos, vivem em diversas ilhas de um arquipélago. Os pássaros, capazes de voar livremente entre as ilhas, podem se encontrar e cruzar entre si. De acordo com os biólogos, esses pássaros formam uma única população, distribuída pelas ilhas.

Suponhamos que os ratos não consigam nadar entre as ilhas; consequentemente, ratos das diferentes ilhas do arquipélago não se cruzam, e cada ilha teria uma população particular desses roedores.

Aplicando o mesmo critério à espécie humana, pode-se dizer que atualmente a humanidade constitui uma única população biológica, que se distribui pelos diversos continentes. As migrações, facilitadas principalmente pela revolução nos transportes e nas comunicações, transformaram a população humana em uma única “aldeia global”, termo criado pelo filósofo canadense Herbert Marshall McLuhan (1911-1980) nos anos 1960. Na linguagem cotidiana, por simplificação, é comum referir-se à população de um município, de um estado, de um país etc., quando o mais correto seria utilizar o termo subpopulação. O globalismo da população humana ficou tristemente evidenciado com o rápido alastramento da pandemia da COVID-19, originada em uma pequena cidade na China e que em poucos meses se espalhou por quase 200 países, em todos os continentes.

Densidade populacional

Uma informação importante a respeito de uma população é a **densidade populacional**, definida como a relação entre o número de indivíduos da espécie e a área ou o volume (no caso de habitats aquáticos, por exemplo) que eles ocupam. Essa definição está formulada a seguir:

$$\text{Densidade populacional} = \text{Nº de indivíduos} \div \text{Área ou volume}$$

Na população humana, o estudo estatístico do tamanho populacional e de sua composição em idade e sexo, entre outros aspectos, constitui a **demografia** (do grego *demos*, “povo”, e *graphe*, “descrição”).

Quando se trata de populações humanas, fala-se em **densidade demográfica**, calculada com base em levantamentos periódicos conhecidos como censos demo-

gráficos. O censo demográfico realizado no Brasil em 1990, por exemplo, estimou a população brasileira em aproximadamente 150 milhões de pessoas, distribuídas pelos 8,5 milhões de quilômetros quadrados de superfície do território nacional. Assim, a densidade demográfica do Brasil em 1990 era de aproximadamente 17,6 hab/km² (habitantes por quilômetro quadrado). Em 2000, o censo mostrou que a população brasileira tinha aumentado para 169 milhões de pessoas; como o território permaneceu o mesmo, a densidade demográfica brasileira cresceu para 19,8 hab/km². Em 2006 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)* estimou a população brasileira em 186 milhões de habitantes e, em 2010, em 190.732.694 pessoas, o que indica que nesta última data a densidade demográfica era de aproximadamente 22,4 hab/km². Em 2019 a população brasileira foi estimada em 208,5 milhões de pessoas, o que eleva a densidade demográfica para 24,5 hab/km², um aumento de quase 40% em relação a 1990 (Fig. 1).

Taxas populacionais

Um aspecto importante em Ecologia é saber como uma população cresce. Para isso, estima-se a **taxa de crescimento populacional**, que é a variação (aumento ou diminuição) do número de indivíduos em determinado intervalo de tempo. Vamos concretizar essa definição analisando os dados da Tabela 1, na coluna lateral (abaixo), relativos a populações hipotéticas de bactérias.

Para determinar a taxa de crescimento das populações, primeiramente calculamos a variação (aumento ou diminuição) do número de indivíduos em um intervalo de tempo considerado. Para isso, tomamos o número de indivíduos da população no tempo final (N_f) e subtraímos dele o número de indivíduos no tempo inicial (N_i). Essa variação bruta é então dividida pelo número de indivíduos que havia na população no tempo inicial (N_i). Finalmente esse número é dividido pela duração do período considerado (t). Veja a fórmula empregada no cálculo:

$$\text{Taxa de crescimento} = \frac{\frac{N_f - N_i}{N_i}}{t}$$

Você pode estar se perguntando se esses cálculos são necessários. Note que, ao dividirmos a variação bruta pelo tamanho inicial da população, estamos relativizando-a, isto é, levando em conta não os números brutos, mas o aumento do número de indivíduos em relação ao tamanho inicial da população. No exemplo, a população A teve um acréscimo de apenas 30 mil indivíduos, enquanto a população B teve um acréscimo de 300 mil indivíduos no tempo considerado. Isso indica que a população B cresceu mais que a A?

Levando em conta o tamanho inicial da população, concluímos que não; ao contrário, a população A teve uma taxa de crescimento maior do que a da população B, se considerarmos que o tamanho inicial da população A era menor do que o da população B.

Por levar em conta o tamanho inicial da população, fala-se em **taxa de crescimento relativo** (TCR) da população.

Aplicando a fórmula, as taxas de crescimento relativo (TCR) para as duas populações de bactérias são:

$$\begin{aligned} \bullet \text{ TCR da população A} &= \frac{\frac{40.000 - 10.000}{10.000}}{3} = 1 \\ \bullet \text{TCR da população B} &= \frac{\frac{500.000 - 200.000}{200.000}}{3} = 0,5 \end{aligned}$$

Portanto, a taxa de crescimento da população A, no período analisado, foi o dobro da taxa de crescimento da população B.



Figura 1 No Brasil há desde centros urbanos superpovoados até áreas rurais pouco ocupadas. (A) Rua 25 de Março, na cidade de São Paulo, SP, 2013. (B) Fazenda na zona rural de Tiradentes, MG, 2019.

TABELA 1 – TAMANHO DE DUAS POPULAÇÕES HIPOTÉTICAS DE BACTÉRIAS AO LONGO DO TEMPO

Tempo	Número de indivíduos por ml de meio de cultura	
	População A	População B
Início (N_i)	10.000	200.000
Após 3 horas (N_f)	40.000	500.000

* Dados sobre a população do Brasil e de outros países podem ser obtidos no site do IBGE:
<https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2020.

Taxas de natalidade e de mortalidade

O crescimento de uma população é determinado, fundamentalmente, por dois fenômenos de efeitos opostos: a **natalidade**, ou seja, o número de indivíduos que nascem, e a **mortalidade**, o número de indivíduos que morrem.

Outros fatores que também afetam o tamanho de uma população são a **imigração** – a entrada de novos indivíduos na população, e a **emigração**, a saída de indivíduos da população.

Quando se trata da população humana, a **taxa de natalidade** é definida como o número de crianças nascidas no período de um ano para cada 1.000 habitantes da população. Analogamente, a **taxa de mortalidade** é o número de óbitos (mortes) ocorridos no período de um ano para cada 1.000 habitantes da população.

Por que expressar o número de nascimentos para cada 1.000 habitantes, isto é, dividir o número de nascimentos por 1.000? O motivo é o mesmo que utilizamos ao dividirmos um número por 100 quando expressamos porcentagens. O que estamos fazendo, nos dois casos, é relativizar os números brutos, o que facilita compará-los aos de outras populações. Por exemplo, se ocorrerem dois nascimentos por ano em uma população de 1 mil habitantes em determinado ano, a taxa de natalidade é igual a $2 \div 1.000$, ou 0,002. Em outra população, de 4 mil habitantes, nasceram quatro pessoas nesse mesmo ano; nesse caso, a taxa de natalidade foi de $4 \div 4.000$, ou 0,001, a metade da taxa da primeira população.

As taxas de mortalidade também podem ser detalhadas por faixa de idade. Quando se fala em taxa de mortalidade infantil, por exemplo, divide-se o número de óbitos de crianças com menos de 1 ano por 1.000 crianças nascidas vivas no período de 1 ano.

$$\text{Taxa de natalidade} = \frac{\text{Número de nascimentos no ano}}{1.000 \text{ pessoas}}$$

$$\text{Taxa de mortalidade} = \frac{\text{Número de mortes no ano}}{1.000 \text{ pessoas}}$$

Índice de fertilidade

Uma informação importante sobre certos tipos de população é seu **índice de fertilidade**, ou taxa de fertilidade, definido como o número médio de descendentes que uma fêmea gera durante seu período reprodutivo.

No caso da espécie humana, se um país tiver índice de fertilidade igual a 2, significa que o número médio de filhos por mulher é 2. Espera-se, então, que os filhos de cada geração substituam seus pais, o que tende a manter o tamanho da população estável. Se o índice de fertilidade for superior a 2, há uma tendência ao crescimento populacional; se for inferior a 2, há uma tendência à diminuição do tamanho da população, situação denominada crescimento negativo.

Crescimento populacional

A maioria das populações tem grande potencial para crescer. Se a mortalidade fosse zero, uma única bactéria, reproduzindo-se a cada 20 minutos, produziria descendência suficiente para cobrir a Terra em apenas 36 horas. Um único paramécio poderia gerar, em alguns dias, uma massa de indivíduos correspondente a 10 mil vezes a massa da Terra. Um único casal de pássaros e seus descendentes, chocando de 5 a 6 ovos por ano, produziria 10 milhões de descendentes em 15 anos. Essa capacidade teórica de crescimento de uma população biológica é denominada **curva de crescimento intrínseco**, ou potencial biótico. Em populações teóricas, se representarmos em um gráfico o número de indivíduos da população em função do tempo, a curva resultante é exponencial e corresponde ao crescimento intrínseco, ou também chamado de potencial biótico da população (Fig. 2).

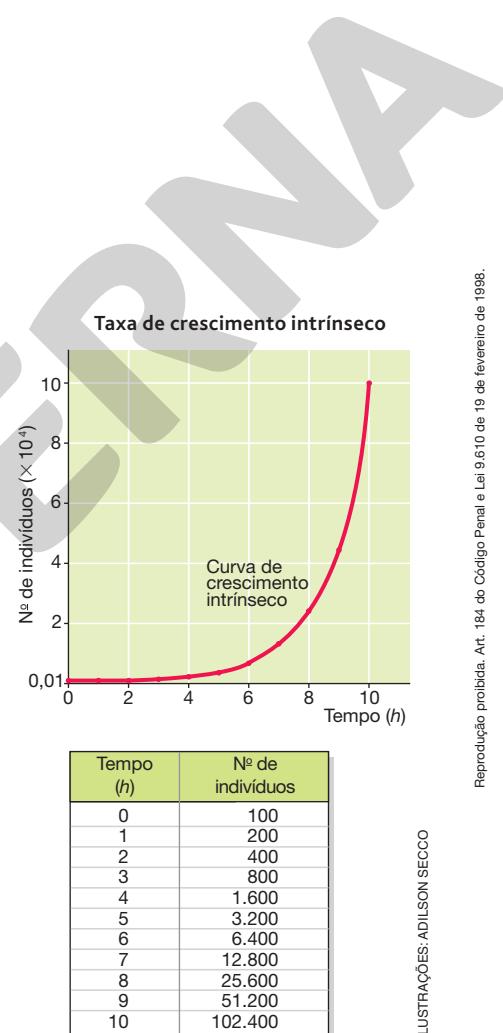


Figura 2 Curva de crescimento intrínseco de uma população de bactérias que duplica de tamanho a cada hora e tem índice de mortalidade zero no período considerado. Gráficos com curva semelhante são esperados para qualquer população biológica. Esse tipo de curva é característico de um crescimento em progressão geométrica, em que, a intervalos iguais de tempo, o número de indivíduos da população dobra.

Fonte: adaptado de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Em condições naturais, o potencial de crescimento de uma população é limitado pela disponibilidade de recursos do meio (alimentos, espaço, abrigo etc.) e pela ação de predadores, parasitas e populações competidoras. A ação desses fatores em conjunto constituem a **resistência do meio**, geralmente levando as taxas de natalidade e de mortalidade a se equivalerem, de modo que o número de indivíduos de uma população tende a permanecer mais ou menos constante ao longo do tempo.

Para uma população em particular, há um limite máximo de indivíduos que o ambiente consegue suportar, denominado **capacidade de suporte**, ou carga biótica máxima do meio.

O crescimento de uma população a partir de alguns poucos indivíduos, se for representado em um gráfico que relaciona o número de indivíduos em função do tempo, resulta em uma curva ascendente em forma da letra S, que tende a se estabilizar quando é atingida a capacidade de suporte do meio. O aspecto apresentado pela curva de crescimento populacional resulta da interação entre o crescimento intrínseco e a resistência do meio, esta última, como vimos, constituída pelo conjunto de fatores ambientais que limitam o crescimento da população (Fig. 3).

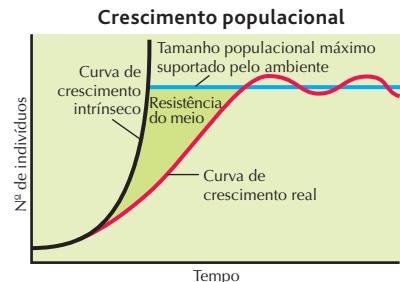


Figura 3 Gráfico que representa a curva de crescimento de uma população originada de um pequeno número de indivíduos.

Fonte: adaptado de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

2. Fatores que regulam o tamanho populacional

O crescimento de uma população biológica é limitado pela densidade populacional, pela disponibilidade de alimento, pela competição com indivíduos de outras espécies (competição interespecífica), pela predação e pelo parasitismo, entre outros fatores.

O estudo de certas populações mostrou que quando a densidade populacional aumenta além de certo limite, a taxa de natalidade tende a diminuir. Essa situação ocorre, em geral, como consequência do aumento da competição por alimento e da competição entre os casais por locais de procriação. Em experimentos com ratos, verificou-se que quando as gaiolas de criação se tornavam superpovoadas, mesmo com alimento em abundância, a taxa de natalidade caía a zero. Muitos filhotes chegavam mesmo a morrer antes do nascimento, ainda no útero materno, o que levou à conclusão de que essas mortes estariam relacionadas ao estresse e à tensão emocional decorrentes do superpovoamento.

Quanto mais intensos são os fatores que limitam o crescimento, menor é o aumento populacional. Em contrapartida, o abrandamento de um ou mais fatores limitantes pode levar ao aumento da taxa de crescimento da população. Como a intensidade dos fatores limitantes geralmente varia ao longo do tempo, observa-se que o tamanho das populações passa por flutuações periódicas (Fig. 4).

Um exemplo clássico da regulação do tamanho populacional por meio da predação é o da flutuação dos tamanhos de populações de lince e lebre da região ártica do Canadá. Os dados foram coletados durante 80 anos (de 1855 a 1935) pela Companhia da Baía de Hudson, que registrava o número de peles comercializadas pelos caçadores da região. Como o número de caçadores era conhecido e sofria pouca alteração de um ano para o outro, as variações na quantidade de peles comercializadas provavelmente refletiam as variações do tamanho relativo das populações das espécies caçadas.

Traçando no mesmo gráfico as curvas de densidade populacional de lebres e de lince, verifica-se que a população de lince geralmente alcança seu maior desenvolvimento um a dois anos depois que a população de lebre atinge seu ápice. Uma interpretação bastante plausível é que o tamanho das populações de lebre e de lince depende da relação presa-predador existente entre essas duas espécies. Quando a população de lebre aumenta, a população de lince também aumenta, já que há maior oferta de alimento para o predador. Com o aumento do número de lince, intensifica-se a predação, o que leva à diminuição da população de lebre. Com menos lebre para caçar, a população de lince volta a diminuir, o que permite a retomada do crescimento da população de lebre, e assim por diante.

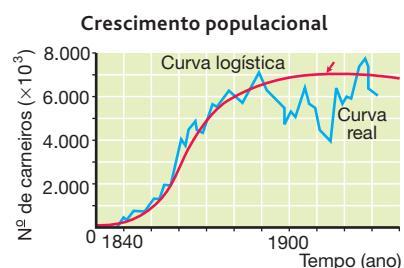


Figura 4 Gráfico que mostra a curva de crescimento da população de carneiros na Austrália, estimada com base em dados coletados entre as décadas de 1830 e 1930. A linha azul representa a população real, cujo tamanho oscila em decorrência das variações de fatores ambientais que regulam o crescimento populacional. A linha vermelha, denominada curva logística, representa o crescimento teórico de uma população que se estabiliza ao atingir a capacidade de suporte do meio (seta).

Fonte: adaptado de DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 1978.

Embora essa explicação seja bastante plausível, outras hipóteses também poderiam ser aventadas para explicar a correlação entre as flutuações das populações de lebres e lince. O simples aumento da população de lebres, por exemplo, poderia fazer com que o alimento disponível para as lebres fosse insuficiente, ou que a transmissão de doenças infecciosas ocorresse com maior rapidez, o que também levaria à diminuição correlata da população de lince (Fig. 5).

A explosão populacional da humanidade

A população humana é semelhante a outras populações biológicas e está sujeita aos mesmos fatores gerais que regulam e limitam o crescimento populacional de outras espécies. Entretanto, a humanidade tem conseguido controlar alguns fatores ambientais, o que permitiu um formidável ritmo de crescimento populacional.

O crescimento acelerado das populações humanas deve-se principalmente à diminuição da taxa de mortalidade, decorrente tanto dos avanços agrícolas e tecnológicos, que contribuíram para o aumento da produção de alimentos, como dos progressos médicos e sanitários, que prolongaram a expectativa de vida (Fig. 6).

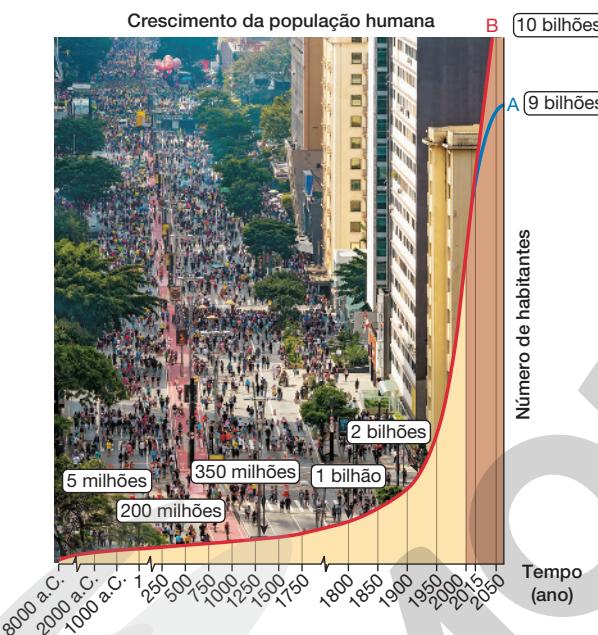


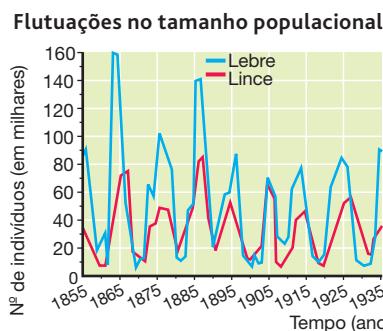
Figura 6 O crescimento acelerado da população humana nas últimas décadas tem levado os cientistas a fazer diversas projeções sobre suas possíveis curvas de crescimento (A ou B, mostradas no gráfico). Na fotografia ao fundo, a Avenida Paulista, na capital de São Paulo, em um domingo sem tráfego de automóveis, em 2019.

Fonte: adaptado de *The New Encyclopaedia Britannica*. 15. ed. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1993. v. 25.

Um problema inerente à expansão demográfica ilimitada é a necessidade de produzir cada vez mais alimentos para nutrir o número crescente de pessoas. Não é possível ampliar indefinidamente as áreas de terra cultivada. A maioria das terras férteis já está sendo utilizada, e muitas delas já tiveram seus recursos esgotados; certas áreas demandariam tanto empenho para se tornar produtivas que, pelo menos por enquanto, não é vantajoso explorá-las.

Além disso, os ecossistemas naturais que ainda restam, por exemplo, os da Amazônia, dos Cerrados e do Pantanal Mato-Grossense, não devem ser explorados de forma predatória. É preciso manter áreas preservadas para que a diversidade biológica, ou **biodiversidade**, produzida ao longo de bilhões de anos de evolução não seja perdida. Biomas como a Floresta Amazônica e o Cerrado têm forte influência na dinâmica de chuvas e rios que abastecem grande parte do continente, e sua devastação teria consequências catastróficas para a biosfera.

(A)



Fonte: adaptado de DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 1978.

(B)



Figura 5 (A) Gráfico que mostra as flutuações no tamanho das populações de lebres (em azul) e de lince (em vermelho) no Canadá, entre 1855 e 1935. (B) Foto de lince (*Lynx sp.*) predando uma lebre branca (*Lepus sp.*). O lince e a lebre medem, respectivamente, cerca de 1 m e 50 cm de comprimento.

Até a década de 1970, certos países consideravam o controle da natalidade uma iniciativa racista, reacionária ou imperialista. Hoje, os cidadãos da maioria das nações consideram importante realizar algum tipo de controle da natalidade e o planejamento familiar para manter a qualidade de vida da população.

A maioria dos países desenvolvidos já conseguiu frear o crescimento populacional, o que também tem ocorrido em alguns países em desenvolvimento, como a Tailândia, a Colômbia e a Costa Rica, que já alcançaram reduções significativas de suas taxas de natalidade. Outros, apesar das tentativas, ainda não alcançaram o objetivo desejado.

Embora os problemas da humanidade sejam decorrentes de vários fatores, imagina-se que se o crescimento da população for freado, será possível ganhar tempo para resolver problemas que seriam agravados em um quadro de superpopulação, como a fome, as desigualdades econômicas, a degradação ambiental e várias doenças.

O escritor estadunidense Lester R. Brown (1934-) iniciou um de seus livros, *O vigésimo nono dia*, publicado em 1980 (Editora FGV), com uma pequena história: "Para ensinar às crianças a noção de crescimento exponencial, os professores franceses se valem de uma charada. Em uma lagoa flutua uma folha de árvore. A cada dia que passa, o número de folhas dobra: duas folhas no segundo dia, quatro no terceiro, oito no quarto, e assim por diante. Se a lagoa ficar inteiramente coberta de folhas no trigésimo dia, quando ela ficou coberta pela metade? Resposta: No vigésimo nono dia".

A lagoa corresponde ao nosso planeta e as folhas, às pessoas que o habitam. Talvez o planeta já esteja coberto pela metade e logo se torne repleto de gente. O maior risco dessa situação é ignorar os sinais da iminente saturação ou interpretá-los de modo errôneo. Como o trigésimo dia poderá não oferecer possibilidades de sobrevivência, é importante não chegar a ele; alguns propõem que um dos caminhos para isso seja limitar o crescimento demográfico.

Paradoxalmente, o aumento demográfico também está ligado ao grau de desenvolvimento da saúde pública. A população cresce não apenas porque há mais nascimentos, mas também porque a duração média da vida humana tem aumentado. A expectativa de vida em 1650 era de 30 anos; hoje, a média mundial é de mais de 65 anos e, em países desenvolvidos, ultrapassa os 80 anos. De acordo com dados coletados em 2018 pelo IBGE, a expectativa de vida média no Brasil já passa dos 76 anos. Veja na figura a seguir uma comparação entre as pirâmides de idade da Nigéria, do Brasil e da Itália (Fig. 7).

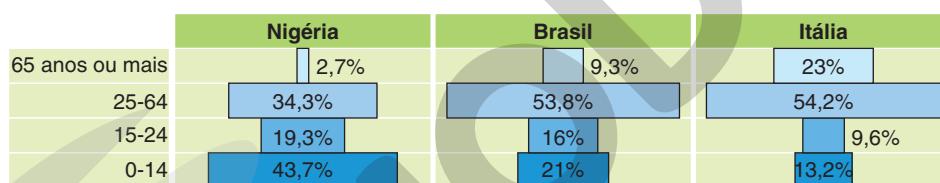


Figura 7 Pirâmides de idade da Nigéria, do Brasil e da Itália para dados de 2020. A base larga e o ápice estreito da pirâmide da Nigéria indicam, respectivamente, alta taxa de natalidade e, provavelmente, alta taxa de mortalidade nas idades mais avançadas, o que dá um aspecto bem triangular ao gráfico. Na pirâmide da Itália, típica de países desenvolvidos, o gráfico tem base mais estreita e ápice mais largo, indicando, respectivamente, controle da natalidade e expectativa de vida elevada. O que se pode dizer sobre a pirâmide do Brasil?

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: adaptado de ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

3. Sucessão ecológica

Os biólogos denominam **sucessão ecológica** o processo ordenado de alteração nas comunidades durante a colonização de um ambiente. O ambiente colonizado pode ser inicialmente desprovido de vida ou já ter sido anteriormente ocupado por uma comunidade biológica, destruída por algum desastre natural ou pela atividade humana (antrópica). No decorrer do processo de sucessão, as espécies que compõem a comunidade biológica alteram-se gradualmente de forma ordenada e progressiva.

Quando a sucessão ocorre em ambientes inicialmente desprovidos de vida, onde as condições de clima e de solo são pouco favoráveis ao estabelecimento de seres vivos, como superfícies formadas por lavas vulcânicas recém-solidificadas, rochas e dunas, fala-se em **sucessão ecológica primária**. Apesar das condições iniciais altamente desfavoráveis, certas espécies de organismos – as espécies pioneiras – conseguem se instalar nesses lugares inhóspitos e abrir caminho para a chegada de outras espécies.

Dunas de areia, por exemplo, costumam ser colonizadas por certas espécies de gramíneas, cujas sementes são transportadas pelo vento. Essas gramíneas pioneiras conseguem suportar o calor, a escassez de água e o solo pouco estável e iniciam a colonização da duna. Ao longo das gerações de gramíneas, cada vez mais matéria orgânica se acumula no solo, favorecendo a sucessão ecológica de novas comunidades.

Superfícies de rochas nuas são geralmente colonizadas por liquens, que se fixam sobre as rochas e originam uma camada orgânica, que pode abrigar mais tarde musgos e gramíneas, dando início à sucessão ecológica. Os biólogos utilizam o termo **ecese** para designar a comunidade inicial de uma sucessão ecológica (Fig. 8).

Quando a sucessão ocorre em locais parcialmente destruídos, mas anteriormente ocupados por comunidades biológicas, fala-se em **sucessão ecológica secundária**. Exemplos de sucessão ecológica secundária são a recolonização de campos de cultivo abandonados, de regiões desflorestadas, de áreas destruídas por queimadas ou de lagos recém-formados. Nesses casos as mudanças geralmente são mais rápidas do que na sucessão primária, uma vez que as condições iniciais já são mais favoráveis ao estabelecimento de seres vivos. À medida que o ambiente é colonizado pelas espécies pioneiras, ele vai gradualmente se modificando. Ocorrem variações menos bruscas na temperatura do solo, e o grau de umidade tende a aumentar. O material orgânico resultante da decomposição dos cadáveres das espécies pioneiras acumula-se no solo, disponibilizando nutrientes e favorecendo a retenção de água. No caso das dunas, por exemplo, as raízes das plantas pioneiras contribuem para estabilizar o solo, evitando que as partículas arenosas sejam facilmente carregadas pelo vento. As novas condições criadas pelas espécies pioneiras favorecem a chegada de outras plantas e de animais, que podem se estabelecer no local. As espécies recém-chegadas tendem a competir com as pioneiras e pouco a pouco tomam o lugar delas.

As sucessivas gerações de plantas e animais que nascem, crescem, morrem e se decompõem em um local de sucessão tornam o solo cada vez mais rico em matéria orgânica e umidade, e em uma área antes desabitada passa a haver uma comunidade biológica cada vez mais estável. A complexidade da comunidade depende de vários fatores, entre eles o tempo que se passou desde o início da colonização, as condições climáticas do ambiente no local da sucessão, as espécies colonizadoras e as que se estabeleceram no processo (Fig. 9).

A cada estágio do processo de sucessão, a comunidade contribui para alterar cada vez mais a estrutura do ambiente e as condições climáticas locais, surgindo assim um **microclima**, ou seja, um clima próprio da comunidade em sucessão, que traz novas possibilidades para a colonização por outras espécies. Ao longo da sucessão, as comunidades que se formam têm aumento na biodiversidade, na biomassa e na estabilidade das relações ecológicas.

O processo de sucessão ecológica leva ao estabelecimento de uma comunidade biológica relativamente estável e bem adaptada às condições locais. A estabilidade depende da rede de interações construídas ao longo da sucessão das comunidades, com o passar do tempo. A comunidade que surge no estágio final de sucessão é denominada **comunidade clímax**, nela, a biodiversidade, a biomassa e as condições microclimáticas tendem a se estabilizar ao longo do tempo. As comunidades intermediárias em um processo de sucessão ecológica são chamadas de **seres ou estágios serais** da sucessão.



FÁBIO COLOMBINI



FÁBIO COLOMBINI

Figura 8 (A) Dunas no Parque Estadual do Jalapão, Mateiros, TO (2019). (B) Líquens sobre rochas na Chapada do Araripe, Santana do Cariri, CE (2020).

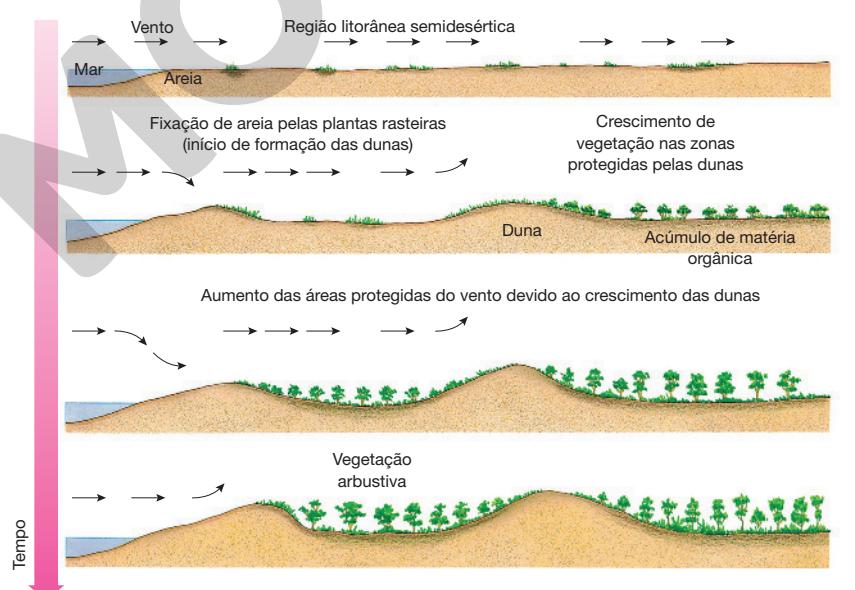


ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

Figura 9 Representação esquemática de sucessão ecológica em dunas de areia. Nesse caso, a vegetação pioneira contribui para a fixação das dunas, o que modifica a atuação dos ventos e traz novas alterações climáticas. O clima torna-se cada vez mais propício ao estabelecimento de seres vivos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: ilustração dos autores.

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

1. O termo “espécie pioneira”
 1. b) a) aplica-se apenas a espécies que colonizam ambientes antes ocupados por seres vivos.
b) aplica-se às espécies capazes de iniciar a colonização de um local desabitado.
c) não se aplica a espécies vegetais, mas apenas a liquens e fungos.
d) refere-se àquelas espécies que se extinguem primeiro na comunidade biológica.
2. Uma diferença entre sucessão primária e sucessão secundária é
 2. a) o tipo de ambiente existente no início da sucessão.
b) o tipo de comunidade clímax que se estabelece em cada caso.
c) o tempo de duração da sucessão, mais rápido na sucessão primária.
d) o fato de a sucessão secundária levar a menor biodiversidade.

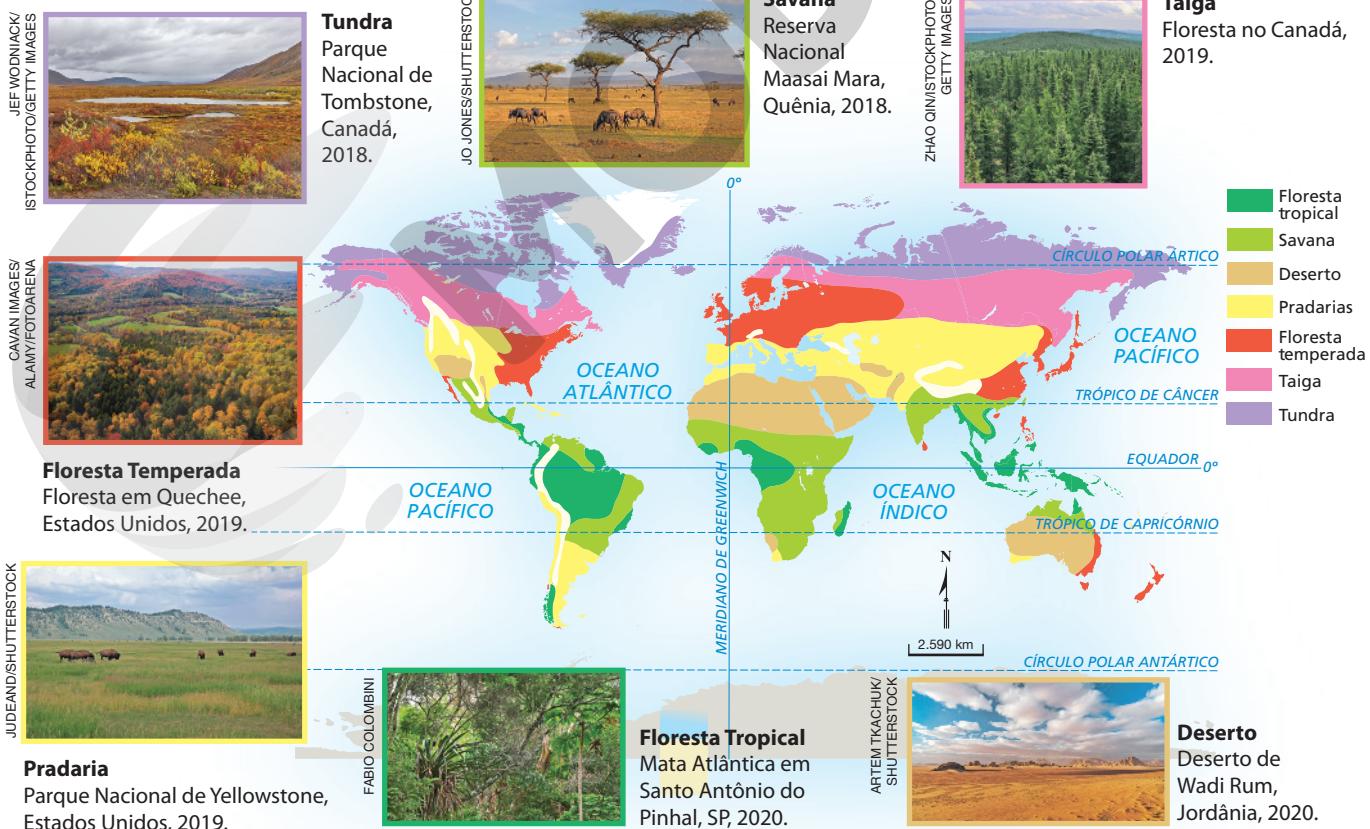
4. Os grandes biomas do mundo

O conceito de bioma

Pode-se definir **bioma** (do grego *bio*, “vida”, e *oma*, “grupo”) como uma área geográfica na qual se desenvolve um ecossistema relativamente uniforme, caracterizado pelo clima, pelo solo e pela fisionomia de sua vegetação.

Regiões da Terra com latitudes coincidentes, em que prevalecem condições climáticas parecidas, geralmente têm formações vegetais com aparência semelhante e o mesmo tipo de bioma. Por exemplo, o bioma denominado Floresta Tropical predomina na faixa equatorial do planeta, tanto na América do Sul quanto na África, no sudeste da Ásia e na Oceania, embora em cada um desses locais haja espécies vegetais e animais distintas. Outro exemplo é o Cerrado brasileiro, um tipo de Savana, bioma presente em latitudes coincidentes da América do Sul, da África e da Austrália (Fig. 10).

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



Domínios morfoclimáticos e biomas do Brasil

Considerando características climáticas, botânicas, hidrológicas, fitogeográficas e edáficas (relativas ao solo), o geógrafo brasileiro Aziz Ab'Sáber (1924-2012) considerou a existência de seis grandes domínios morfoclimáticos em nosso país. Cada um desses domínios é caracterizado por um bioma típico, podendo apresentar outros tipos de bioma em áreas específicas.

Os seis domínios morfoclimáticos propostos por Ab'Sáber são:

- Domínio Amazônico, no qual encontramos principalmente o bioma de Floresta Tropical de terra firme, bem como os biomas de Floresta de Igapó inundável e das Caatingas do Rio Negro, entre outros;
- Domínio dos Mares de Morros (ou Domínio Atlântico), cujo bioma mais típico é a Floresta Pluvial Costeira; nesse domínio também estão incluídos os biomas de Restinga e os Manguezais;
- Domínio dos Cerrados, em que predomina uma vegetação típica conhecida como Cerrado;
- Domínio das Caatingas, em que predomina um bioma de Savana Semiárido, incluindo também os Carnaubais;
- Domínio das Araucárias, em que predominam as Florestas de Araucária;
- Domínio das Pradarias, em que predominam os Campos Sulinos.

Além desses seis domínios, há áreas de transição que abrigam biomas com características intermediárias, que não se enquadram em nenhum dos seis domínios. É o caso do Pantanal Mato-Grossense, região de transição constituída por um conjunto de diferentes biomas, entre os quais se destacam as vastas planícies inundáveis. Outros exemplos de biomas localizados em áreas de transição são as Matas de Cocais e os Manguezais.

O território do Brasil, que se estende de pouco acima da linha do Equador até abaixo do Trópico de Capricórnio, favorece a existência de diversos biomas, distribuídos nos seis domínios morfoclimáticos e nas áreas de transição. Os biomas mais importantes, tanto pela área que ocupam quanto pela biodiversidade, são: Floresta Amazônica (Hileia), Floresta Pluvial Costeira (Floresta Atlântica), Floresta de Araucárias, Cerrado, Pampa, Caatinga, Floresta de Cocais (Babaçual), Manguezal, biomas que compõem o Pantanal Mato-Grossense (Figs. 11 e 12).

Dialogando com o texto

O Brasil apresenta uma das maiores biodiversidades do mundo, distribuída em grande variedade de biomas, incluídos em seis domínios morfoclimáticos principais. Sempre fazemos parte de algum bioma natural e visitamos outros ao viajar, mas, na maioria das vezes, nem pensamos nisso. Nesta atividade, a proposta é pensar nos biomas que conhecemos pessoalmente. Por exemplo, você mora em Cuiabá, em Mato Grosso, e visita um primo em Quixeramobim, no Ceará. Com quais biomas naturais você tem contato? Repasse os domínios morfoclimáticos brasileiros estudados no capítulo e tente se lembrar de algo que já vivenciou em relação a plantas, animais, ambiente etc. em cada local que conhece pessoalmente. Pesquise que tipos de biomas ocorrem no estado em que você mora. O bioma original está preservado? Compartilhe com os colegas suas reflexões e pesquisas por meio de um texto informal, como se fosse uma descrição de viagem. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

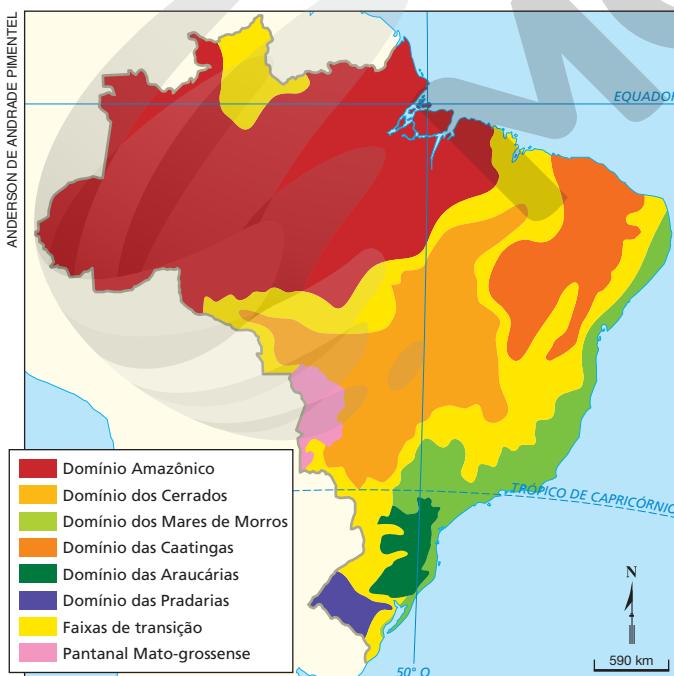
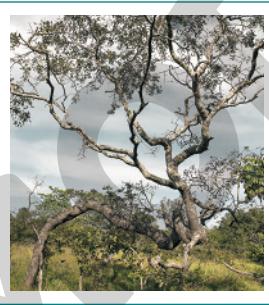


Figura 11 O mapa apresenta a distribuição dos domínios morfoclimáticos brasileiros e das faixas de transição.

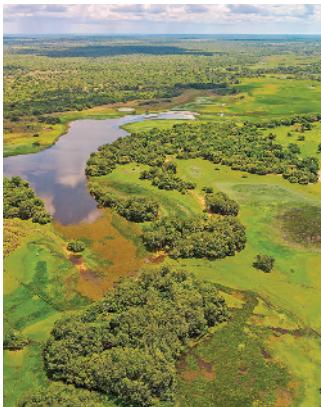
Fonte: adaptado de AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

FIGURA 12 – LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS DOMÍNIOS MORFOCLIMÁTICOS DO BRASIL

Domínio Amazônico	 	<p>A Floresta Amazônica, também conhecida por hileia amazônica, é o principal bioma do Domínio Amazônico. A Hileia se localiza na região Norte do Brasil, nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Tocantins, Amapá e Roraima, além da parte norte de Mato Grosso e da parte oeste do Maranhão.</p> <p>Mata de igapó em Iranduba, AM, 2020.</p>
Domínio dos Mares de Morros	 	<p>A Floresta Pluvial Costeira, ou Floresta Atlântica (ou, ainda, Mata Atlântica), é o principal bioma dentro do Domínio dos Mares de Morros (ou Domínio Atlântico). Esse domínio está situado nas montanhas e planícies costeiras, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. A região sul do Espírito Santo e de Cabo Frio, no Rio de Janeiro, são as únicas áreas onde esse bioma não se desenvolveu originalmente.</p> <p>Vales em Itaoca, SP, 2020.</p>
Domínio das Araucárias	 	<p>A Floresta de Araucárias, ou Mata de Araucárias, é o principal bioma do Domínio das Araucárias, situado principalmente nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, em regiões com índices pluviométricos em torno de 1.400 mm anuais e temperaturas moderadas, com baixas significativas no inverno. Alguns autores referem-se a esse bioma como Floresta Subtropical Mista.</p> <p>Mata de Araucárias em São Joaquim, SC, 2019.</p>
Domínio dos Cerrados	 	<p>O Cerrado é o principal bioma dentro do que se denomina Domínio dos Cerrados, localizado nos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Piauí, Maranhão, São Paulo e Paraná. Há também algumas "ilhas" dessa formação na região amazônica.</p> <p>Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, MT, 2014.</p>
Domínio das Caatingas	 	<p>A Caatinga é o principal bioma do Domínio das Caatingas e ocupa cerca de 10% do território brasileiro, estendendo-se pelos estados de Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia e pelo norte de Minas Gerais.</p> <p>Mandacarus em Presidente Dutra, BA, 2019.</p>
Domínio das Pradarias	 	<p>Os Campos brasileiros, ou Pampas, compõem o Domínio das Pradarias. Os Pampas ocupam áreas de planície e localizam-se principalmente no sul do Rio Grande do Sul, caracterizando-se pela predominância de gramíneas.</p> <p>Campos em Quaraí, RS, 2020.</p>

Fonte: adaptado de AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

LOCALIZAÇÃO DOS BIOMAS DE TRANSIÇÃO DO BRASIL

<p>Pantanal Mato-Grossense</p>  	<p>Em território brasileiro, o Pantanal ocupa a parte oeste dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, estendendo-se pelo Paraguai, pela Bolívia e pela Argentina. O Pantanal Mato-Grossense, ou Complexo do Pantanal, é um mosaico de diferentes biomas, sendo considerado uma das principais áreas de transição entre os domínios morfoclimáticos brasileiros. É uma grande planície com partes mais elevadas, denominadas informalmente de "cordilheiras". As partes mais baixas são inundadas durante as cheias periódicas dos rios que cortam a região.</p> <p>Aquidauana, MS, 2018.</p>
<p>Matas de Cocais</p>  	<p>A Mata de Cocais, ou Floresta de Cocais ou, ainda, o Babaçal, localiza-se principalmente em certas áreas dos estados do Maranhão e Piauí. Sua espécie vegetal típica é a palmeira <i>Orbignya martiana</i>, o babaçu, importante economicamente para as populações locais. Das sementes da palmeira extrai-se óleo, e as folhas são utilizadas para a cobertura de casas e para a fabricação de utensílios domésticos.</p> <p>Nazária, PI, 2015.</p>
<p>Manguezais</p>  	<p>O Manguezal, ou Mangue, é um bioma litorâneo presente em regiões de solo lodoso e salgado. É encontrado nas desembocaduras de rios e em áreas protegidas da ação direta do mar, como baías de águas paradas ou litorais guarneidos por diques de areia. Durante a maré cheia, o solo do mangue fica coberto por água salobra. Os manguezais estendem-se por toda a costa brasileira, exceto nas regiões de litoral rochoso. Há mangues bem desenvolvidos no Pará, no Amazonas, no Maranhão, na Bahia, no Rio de Janeiro, em São Paulo e no Paraná.</p> <p>Galinhos, RN, 2020.</p>

Fontes: adaptados de AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003; INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Atlas dos Manguezais do Brasil*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

Dialogando com o texto



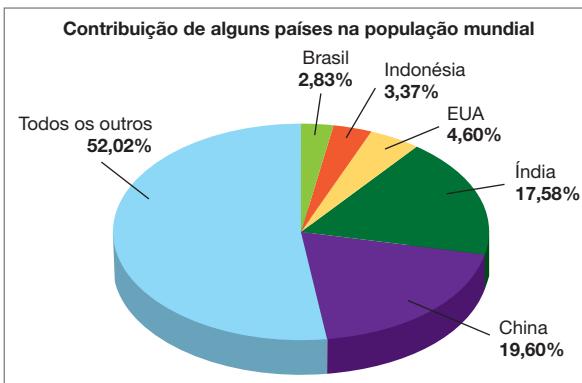
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Diversos ecossistemas vêm sofrendo agressões em decorrência da superexploração econômica decorrente da ignorância sobre a importância de sua preservação. Preocupadas com esse problema, há atualmente diversas entidades que se dedicam à educação ambiental e à recuperação de ecossistemas ameaçados, entre eles os Manguezais. Pesquise a importância dos Mangues para populações humanas que vivem próximas a esses ecossistemas, levantando os impactos causados pela sua exploração e as ações que têm sido adotadas para sua preservação e ocupação sustentável. Resuma as informações coletadas e apresente-as para a classe na forma de um infográfico, com ilustrações e legendas explicativas, de forma que se evidencie a importância da preservação dos Manguezais. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

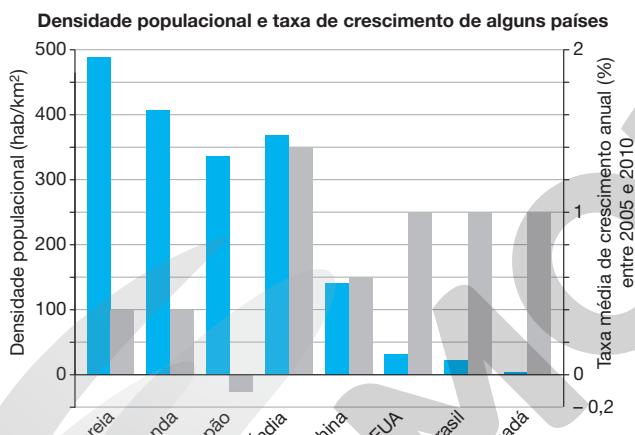
FOTOS DE CIMA PRA BAIXO: MARCOS AMEND/PULSAR IMAGENS, DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS, LUIS SALVATORE/PULSAR IMAGENS. ILUSTRAÇÕES: ANDRÉADE PIMENTEL

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

1. A organização de informações na forma de tabelas e gráficos confere a elas um formato visual mais fácil de ser compreendido e interpretado. Por exemplo, gráficos de pizza são excelentes para mostrar a proporção entre as partes de um todo, como no exemplo a seguir, em que as “fatias” representam a população de alguns países em relação ao total da população mundial. Gráficos de barras permitem comparar diferentes dados ou grupos de dados pelo comprimento de barras verticais ou horizontais usadas para representá-los. As pirâmides de idade que estudamos no capítulo são tipos de gráfico de barras.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO



Fonte: adaptado de Divisão de População das Nações Unidas; IBGE Países 2012.

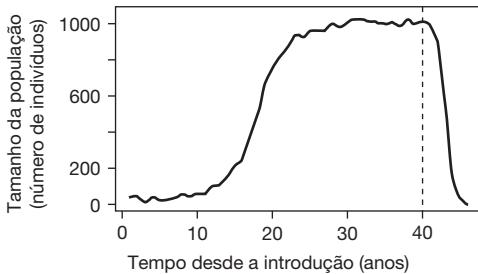
Para realizar esta atividade, visite o site do IBGE (disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>, acesso em: 11 maio 2020) e encontre as tabelas do censo demográfico de 2000 e de 2010 referentes a “População residente, por situação de domicílio e sexo, segundo os grupos de idade”. A atividade consiste em selecionar dados das duas tabelas para elaborar gráficos. Esse trabalho de seleção demanda atenção e tempo, por isso propomos que ele seja realizado em grupos de quatro ou cinco integrantes e que as tarefas sejam divididas entre os colegas.

Localize os dados na linha superior das tabelas, onde os resultados estão totalizados. Devem ser calculadas as porcentagens de homens e mulheres na composição populacional nos dois censos (2000 e 2010); a par-

tir desses dados podem ser elaborados dois gráficos de “pizza”, que facilitam a comparação. Houve alguma mudança significativa nesses dez anos? Para detalhar a análise, podem ser elaborados gráficos em que as fatias sejam divididas entre a população urbana e a rural. O que essa análise poderia mostrar? Os gráficos podem ser feitos em tamanho grande (por exemplo, em folhas de cartolina) para que possam ser exibidos em uma apresentação para a classe ou em murais da escola. Cores contrastantes permitem distinguir melhor as “fatias da pizza”.

O desafio seguinte é elaborar duas pirâmides etárias para a população brasileira: uma relativa aos dados censitários de 2000 e a outra, aos de 2010. Para isso, baseiem-se nas pirâmides etárias apresentadas neste capítulo. Sugerimos que sejam utilizadas as faixas etárias apresentadas na tabela (0 a 4, 5 a 9, 10 a 14, e assim por diante), para homens e mulheres. Pode-se consultar o professor se houver dúvidas quanto aos cálculos necessários para converter os números da tabela em barras de tamanhos proporcionais. Uma vez prontas, analise cuidadosamente as pirâmides e discuta-as com colegas dos outros grupos e o professor. É possível concluir, a partir dos últimos censos, que ocorreram alterações significativas nas composições etárias masculina e feminina da população brasileira?

2. (UFPR) Uma espécie de inseto foi introduzida acidentalmente em uma ilha, levando a um rápido crescimento populacional. Para entender as consequências dessa introdução, pesquisadores monitoraram essa população ao longo do tempo, como representado na figura abaixo. Após o crescimento inicial, a população estabilizou-se em um tamanho de aproximadamente 1.000 indivíduos.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Após 40 anos de sua introdução, um programa de controle dessa espécie foi implementado, no qual um animal que se alimenta desse inseto foi liberado na ilha, como parte de uma ação de controle biológico. Como resultado, houve o colapso da população do inseto invasor após poucas gerações.

Considerando os tipos de interações ecológicas que podem ser ilustrados a partir do enunciado, responda:

- Que interação ecológica foi responsável pela estabilização da população da espécie de inseto mencionada? Explique como ela atua.
- Que tipo de interação ecológica levou ao declínio da população desses insetos? Explique sua resposta.

ACIDEZ E BASICIDADE DE SOLUÇÕES AQUOSAS

VELVETFISH/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES



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 e pode ser percebido no coral da parte central dessa foto. (Oceano Pacífico, Indonésia.)

O aumento contínuo das emissões de dióxido de carbono gasoso, $\text{CO}_2(g)$, 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.

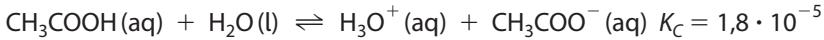
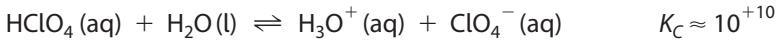
De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT104
- EM13CNT105
- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT302
- EM13CNT306
- EM13MAT305
- EM13MAT314

1. Constante de ionização de ácidos

O ponto central deste capítulo será o estudo da escala de pH , empregada para expressar a acidez ou a alcalinidade (basicidade) de soluções aquosas. Medidas de pH são rotineiras para verificar a acidez de meios aquosos em diversas situações, como no tratamento municipal de água, no controle de qualidade da água de piscinas e aquários, na produção de medicamentos que estejam em solução aquosa, na correção da acidez de solos destinados à agricultura e em diversos outros processos realizados em indústrias e laboratórios.

Inicialmente, neste item, aplicaremos o conceito de constante de equilíbrio (estudado no Capítulo 2) à ionização de ácidos em solução aquosa. Para isso, considere os seguintes equilíbrios de ionização do ácido perclórico e do ácido acético em solução aquosa:



Esses valores de K_C expressam diferentes tendências de esses ácidos transferirem H^+ para a água e, consequentemente, de produzirem íons oxônio (H_3O^+) em meio aquoso. O ácido perclórico possui uma tendência muito maior de produzir íons H_3O^+ (aq) do que o ácido acético. Por isso, o HClO_4 é considerado um ácido **mais forte** do que o CH_3COOH .

O numerador é da ordem de 10^{+10} vezes o denominador. O HClO_4 apresenta alta tendência para produzir íons H_3O^+ em sua ionização em água.

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{ClO}_4^-]}{[\text{HClO}_4]} \approx 10^{+10}$$

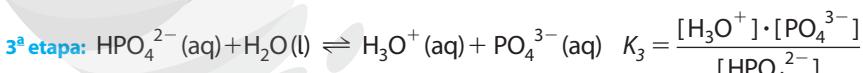
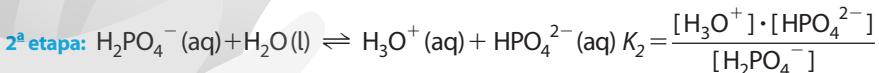
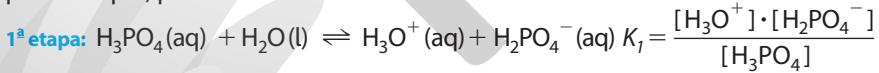
O numerador é $1,8 \cdot 10^{-5}$ vezes o denominador. O CH_3COOH apresenta baixa tendência para produzir íons H_3O^+ em sua ionização em água.

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Uma constante de equilíbrio como as que acabamos de mostrar é chamada de **constante de ionização ácida** (ou **constante de dissociação ácida**) e simbolizada por K_a . (A concentração da água não figura na expressão matemática porque ela é o solvente da solução, reveja o Capítulo 2.) Como qualquer constante de equilíbrio, K_a depende da reação e da temperatura, ou seja, K_a depende do ácido cuja ionização é considerada e da temperatura em que ela ocorre.

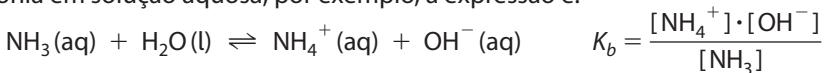
As constantes de ionização ácida possibilitam ordenar os ácidos em ordem crescente de força, pois, quanto maior for o valor de K_a (Tabela 1), maior será a **força** desse ácido.

Quando um ácido apresenta mais de um átomo de hidrogênio ionizável, há um valor de K_a para cada etapa da ionização, representadas por K_1 , K_2 etc. Assim, por exemplo, para o ácido fosfórico:



A Tabela 2 apresenta alguns valores para constantes de ionização em etapas e possibilita perceber que o valor numérico de K_a decresce à medida que os átomos de hidrogênio ionizáveis de uma espécie química ácida se ionizam ($K_1 > K_2 > \dots$).

Da mesma maneira como definimos constante de ionização para ácidos, podemos fazê-lo para bases. A **constante de dissociação básica** é simbolizada por K_b , e para ela valem conclusões análogas às que tiramos para K_a . Para a amônia em solução aquosa, por exemplo, a expressão é:



A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) recomenda o uso desse sinal matemático para indicar "aproximadamente igual a". (cf. COHEN, E. R. et al. *Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química. Livro Verde da IUPAC*. São Paulo: SBQ, 2018.)

Tabela 1 Constante de ionização ácida (K_a) de alguns monoácidos (também chamados ácidos monopróticos) em água, a 25 °C

Ácido	K_a
HClO_4 *	$\approx 10^{+10}$
HBr *	$\approx 10^{+9}$
HCl *	$\approx 10^{+7}$
HNO_3 *	$\approx 10^{+2}$
HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$
HClO_2	$1,1 \cdot 10^{-2}$
HNO_2	$5,6 \cdot 10^{-4}$
HF	$6,3 \cdot 10^{-4}$
HCOOH **	$1,8 \cdot 10^{-4}$
CH_3COOH **	$1,8 \cdot 10^{-5}$
HClO	$3,9 \cdot 10^{-8}$
HBrO	$2,8 \cdot 10^{-9}$
HCN	$6,2 \cdot 10^{-10}$
HIO	$3,2 \cdot 10^{-11}$

* O elevado porcentual de ionização de ácidos muito fortes causa imprecisão na determinação da concentração do ácido não ionizado (que é ínfima) e, consequentemente, no valor de K_a . Nesses casos, tabelou-se aqui apenas a ordem de grandeza estimada para K_a .

** A indicação em negrito refere-se ao átomo de hidrogênio ionizável.

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017; LEVINE, I. N. *Physical Chemistry*. 6. ed. New York: McGrawHill, 2009.

A IUPAC recomenda a denominação **oxônio** para o H_3O^+ (cf. IUPAC Golden Book, disponível em: <<https://goldbook.iupac.org>>, acesso em: jun. 2020, ou CONNELLY, N. G. et al. *Nomenclature of Inorganic Chemistry: IUPAC Recommendations 2005*. Cambridge: IUPAC/RSC Publishing, 2005). Anteriormente, esse ion recebeu as denominações hidrônio e hidroxônio.

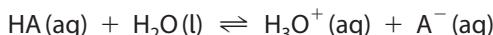
Tabela 2 Constantes de ionização ácida de poliácidos (também chamados ácidos polipróticos) em água, a 25 °C

Ácido	K_a
H_2SO_4	$K_1 \approx 10^{+3}$ $K_2 = 1,0 \cdot 10^{-2}$
H_2S	$K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$ $K_2 = 1,0 \cdot 10^{-19}$
H_3PO_4	$K_1 = 6,9 \cdot 10^{-3}$ $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_3 = 4,8 \cdot 10^{-13}$

Fonte: HAYNES, W. M. *Op. cit.*; LEVINE, I. N. *Op. cit.*

2. Lei da diluição de Ostwald

Considere uma solução aquosa de um monoácido de fórmula genérica HA, que foi preparada com \mathcal{M} mols por litro de ácido em solução. O ácido se ioniza de acordo com a equação:

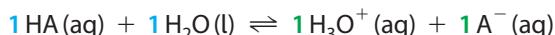


O **grau de ionização** (α) do ácido é igual à fração dele que se ioniza até que seja obtido o equilíbrio, que pode ser calculada pela divisão da quantidade ionizada (em mol) pela quantidade dissolvida (em mol). Dividindo numerador e denominador dessa fração pelo volume da solução (V), temos:

$$\alpha = \frac{\text{quantidade ionizada de ácido, em mol}}{\text{quantidade inicial de ácido, em mol}} = \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

O denominador dessa fração é \mathcal{M} , a concentração nominal da solução, isto é, a quantidade de ácido dissolvida (em mol) em cada litro de solução.

Por meio da proporção expressa pelos coeficientes da equação balanceada:



Proporção reagentes-produtos: 1 mol 1 mol 1 mol 1 mol

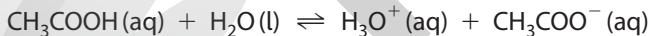
concluímos que a proporção entre a quantidade de ácido ionizado (isto é, que reage com água, na ionização) e a quantidade de H_3O^+ (aq) produzido é de 1:1, o que nos permite concluir que o numerador da fração é igual à concentração de íons H_3O^+ provenientes da ionização. Assim, chegamos à expressão:

$$\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{\mathcal{M}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha \cdot \mathcal{M}$$

Essa expressão permite calcular a concentração de H_3O^+ em uma solução de monoácido, desde que os valores de α e \mathcal{M} sejam conhecidos. Digamos, por exemplo, que em uma solução aquosa 0,10 mol/L de ácido acético (CH_3COOH), a 25 °C, o grau de ionização do ácido, medido experimentalmente, seja 1,3%. Com essa informação, podemos determinar a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ assim:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha \cdot \mathcal{M} = \frac{1,3}{100} \cdot 0,10 \text{ mol/L} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Note que o produto $\alpha \cdot \mathcal{M}$ pode ser compreendido como um **cálculo de porcentagem**; no caso, determinamos 1,3% de 0,10 mol/L, que corresponde à fração da concentração do ácido que se ionizou e, portanto, à concentração de H_3O^+ proveniente da ionização assim equacionada:



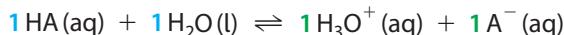
Outra conclusão que podemos tirar da proporção expressa pelos coeficientes da equação de ionização é que a concentração de íons acetato, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$, é igual à concentração de íons H_3O^+ , pois são produzidos na proporção 1:1.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Caso se tratasse de uma solução aquosa de monobase, por um raciocínio análogo, poderíamos concluir que $[\text{OH}^-] = \alpha \cdot \mathcal{M}$, em que α é o grau de ionização da base e \mathcal{M} corresponde à quantidade de base (em mol) dissolvida em cada litro de solução.

Vamos agora deduzir uma expressão matemática que relaciona a constante de ionização (K) com o grau de ionização (α) e a concentração (\mathcal{M}) em quantidade de matéria (mol/L) de uma solução aquosa de monoácido ou monobase.

Para isso, consideremos um monoácido HA:



Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

- Foi preparada uma solução aquosa de HClO_2 , a 25 °C, dissolvendo 0,1 mol desse ácido em água suficiente para completar o volume de 1,0 L. Estabelecido o equilíbrio químico de ionização $\text{HClO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{ClO}_2^-(\text{aq})$, o ácido se encontra 28% ionizado (isto é, $\alpha = 28\% = 0,28$). Explique como esses valores permitem determinar a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ na solução. Realize o cálculo e registre o raciocínio e o resultado em seu caderno.
- Na temperatura de 25 °C, verificou-se que, em uma solução aquosa 0,1 mol/L de amônia, essa substância encontra-se 0,95% ionizada, de acordo com a equação química:
$$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$$
 Considerando essas informações e notando que o grau de ionização é $\alpha = 0,95\% = 0,0095$, explique como determinar a concentração de íons hidróxido, $[\text{OH}^-]$, nessa solução. Registre o raciocínio em seu caderno, bem como o cálculo e o resultado.

Compare seus registros com os de seus colegas e debata as resoluções com eles. Vocês chegam a um consenso sobre os raciocínios empregados nas duas situações propostas?

Temos, no equilíbrio, as seguintes concentrações:

- ácido não ionizado (inicial menos o que reage): $[HA] = M - \alpha \cdot M = M(1 - \alpha)$;
- cátions oxônio provenientes da ionização: $[H_3O^+] = \alpha \cdot M$;
- ânions provenientes da ionização: $[A^-] = \alpha \cdot M$.

Substituindo esses valores de concentrações (referentes ao equilíbrio) na expressão matemática da constante de ionização do ácido, obtemos:

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha \cdot M \cdot \alpha \cdot M}{M(1 - \alpha)} \Rightarrow K_a = \frac{\alpha^2 \cdot M}{1 - \alpha} \cdot M$$

Essa expressão, conhecida como **lei da diluição de Ostwald**, foi deduzida pelo físico-químico alemão Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932). É válida para monoácidos e, empregando K_b em lugar de K_a , também para monobases.

Na prática, essa expressão é de grande utilidade quando trabalhamos com soluções aquosas de ácidos e bases fracos nas quais α seja menor que (ou igual a) 5% (isto é, 0,05). Nesse caso, sendo α numericamente muito pequeno se comparado a 1, o denominador da expressão $(1 - \alpha)$ pode ser considerado aproximadamente igual a 1 e, assim, a lei da diluição de Ostwald (para monoácidos) pode ser escrita simplificadamente como:

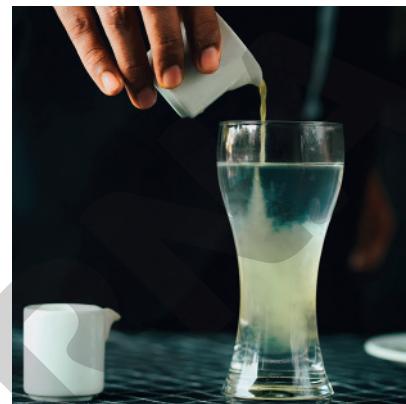
$$K_a = \alpha^2 \cdot M$$

e, analogamente, para bases (empregando K_b). Tipicamente, ácidos fracos (e bases fracas) apresentam valores de K_a (e K_b) da ordem de 10^{-5} ou menor.

O nome *lei da diluição* deve-se ao fato de essa expressão possibilitar prever o que acontece com α quando diluímos (acrescentamos mais solvente a) uma solução aquosa de ácido fraco (Fig. 1) ou de base fraca. A constante de equilíbrio possui um valor constante, a uma temperatura fixa, e, assim, o produto $\alpha^2 \cdot M$ deve permanecer constante. Quando diluímos uma solução de ácido ou base fracos, o valor de M diminui e, em consequência, α aumenta para que o produto $\alpha^2 \cdot M$ permaneça constante.

Uma dúvida comum dos estudantes é: se o grau de ionização do ácido cítrico aumenta, por que a limonada obtida é menos azeda que o suco de limão usado? Para efeito de raciocínio, considere que o suco de limão foi diluído com água suficiente para quadruplicar seu volume. Isso faz a concentração nominal de ácido cítrico ser reduzida a um quarto do valor inicial ($M/4$). Pela expressão $K_a = \alpha^2 \cdot M$ (como K_a é constante a uma temperatura fixa), prevemos que α^2 deve aumentar 4 vezes e, portanto, α aumenta 2 vezes.

Para avaliarmos o que ocorre com $[H_3O^+]$, usamos a expressão $[H_3O^+] = \alpha \cdot M$. Como α é multiplicado por 2 e M é dividida por 4, decorre que $[H_3O^+]$ se reduz à metade. É por isso que a diluição do suco de limão deixa o sabor menos azedo, e não mais.



CHIFAG DAVIDSHUTTERSTOCK

Figura 1 Ao adicionar suco de limão (uma solução aquosa em que há diversos solutos, entre eles ácido cítrico, um ácido fraco), ocorre diluição desse suco. Nesse processo, o grau de ionização do ácido cítrico aumenta, como previsto pela lei de Ostwald.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

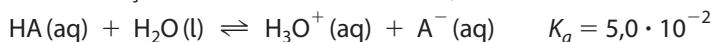
Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Considere os ácidos nítrico (HNO_3), nitroso (HNO_2) e hipocloroso ($HClO$).
 - a) Equacione a ionização de cada um, em água.
 - b) Consultando, neste capítulo, os dados necessários à análise, ordene-os segundo a força crescente, a $25^\circ C$, apresentando os argumentos em que se fundamenta sua resposta.
2. Em uma solução aquosa $0,020\text{ mol/L}$ de ácido acético, CH_3COOH , a $25^\circ C$, esse composto está 3,0% ionizado em $H_3O^+(aq)$ e $CH_3COO^-(aq)$.
 - a) Determine a concentração, em mol/L , de íons H_3O^+ e de íons CH_3COO^- nessa solução.
 - b) Empregando os dados apresentados, determine a constante de ionização (K_a) desse ácido, a $25^\circ C$.
 - c) Consulte a Tabela 1 e conclua se há consistência entre sua resposta e o valor nela apresentado.
3. O ácido butanoico é um composto responsável pelo aroma da manteiga rançosa. Quando em solução aquosa, a $25^\circ C$, atua como monoácido, com valor numérico de $K_a = 1,6 \cdot 10^{-5}$. Determine a $[H_3O^+]$ em uma solução aquosa $0,010\text{ mol/L}$ desse ácido, a $25^\circ C$.
 - a) A constante de ionização ácida (K_a) e o grau de ionização (α) são duas grandezas relacionadas à força de um ácido. Contudo, a primeira é mais conveniente para ordenar ácidos segundo sua força porque depende apenas do ácido e da temperatura, enquanto a segunda depende do ácido, da temperatura e da concentração da solução. Apresente argumentos que justifiquem as afirmações feitas sobre a dependência das duas grandezas.
 5. Considere $1,0\text{ L}$ de solução aquosa $0,01\text{ mol/L}$ de amônia (NH_3), na qual existe o equilíbrio de ionização desse composto,

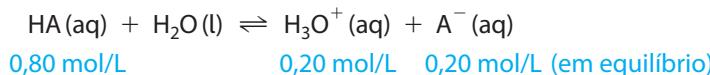
$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$
 cuja constante de equilíbrio (K_b) tem valor numérico $1,8 \cdot 10^{-5}$, a $25^\circ C$. Mantendo a temperatura constante, adicionam-se $3,0\text{ L}$ de água pura a essa solução. Em decorrência dessa diluição, explique o que deve ocorrer com:
 - a) a constante de ionização da amônia (K_b);
 - b) o grau de ionização da base (α); e
 - c) a concentração de íons hidróxido ($[OH^-]$).

3. Efeito do íon comum na ionização de ácidos

Vamos agora estudar as consequências de um deslocamento do equilíbrio de ionização de um ácido em solução aquosa devido ao aumento da concentração do seu ânion. Considere um ácido*, que vamos representar por HA, cuja constante de ionização tenha o valor numérico $5,0 \cdot 10^{-2}$.



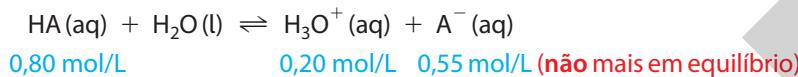
Uma solução aquosa foi feita dissolvendo 1,00 mol desse ácido em água suficiente para completar 1,00 L de solução, ou seja, $\mathcal{M} = 1,00 \text{ mol/L}$. Nessa situação inicial, não há equilíbrio químico. Rapidamente, o sistema avança para o equilíbrio (reações de ionização de ácidos em meio aquoso normalmente são rápidas):



Note que, como decorrência do que foi discutido no Capítulo 2, podemos afirmar que, na situação de equilíbrio, os valores das concentrações satisfazem à seguinte expressão:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{0,20 \cdot 0,20}{0,80} = 5,0 \cdot 10^{-2} = K_a$$

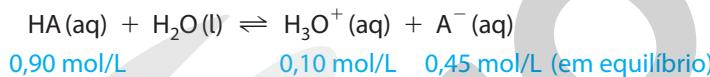
Adiciona-se a essa solução um pouco de um sal solúvel do íon A⁻, podendo ser, por exemplo, um sal de sódio NaA. Nesse contexto, o íon A⁻ é chamado de **íon comum**, pois é participante do equilíbrio em solução e existe no composto que nela é introduzido. Adicionando, por exemplo, 0,35 mol de NaA, temos, imediatamente após a dissolução de NaA:



O equilíbrio foi perturbado, pois:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{0,20 \cdot 0,55}{0,80} = 1,4 \cdot 10^{-1} \neq K_a$$

Ocorre deslocamento no sentido de formar reagentes, até que o sistema atinja nova situação de equilíbrio, na qual:



Novamente, a reação está em equilíbrio químico, pois:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{0,10 \cdot 0,45}{0,90} = 5,0 \cdot 10^{-2} = K_a$$

Comparando as duas situações de equilíbrio, concluímos que a adição do íon comum desloca o equilíbrio de ionização do ácido. Note, pelo exemplo, que:

- a constante de ionização do ácido (K_a) não se alterou, pois ela depende apenas do ácido e da temperatura (lembre-se de que K_a é uma constante de equilíbrio e, por isso, depende apenas da reação — no caso, a ionização do ácido — e da temperatura);
- a concentração de íons H₃O⁺(aq) diminuiu (de 0,20 mol/L para 0,10 mol/L);
- o grau de ionização do ácido (α) diminuiu, pois, antes da adição do íon comum, valia 20%,

$$\alpha_{\text{antes}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{antes}}}{\mathcal{M}} = \frac{0,20 \text{ mol/L}}{1,00 \text{ mol/L}} = 0,20 = 20\%,$$

e, depois da adição, diminuiu para 10%, conforme o cálculo

$$\alpha_{\text{depois}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{depois}}}{\mathcal{M}} = \frac{0,10 \text{ mol/L}}{1,00 \text{ mol/L}} = 0,10 = 10\%.$$

* Esse composto existe e se chama ácido dimetilfosfórico. Trata-se de um monoácido de fórmula (CH₃O)₂P(O)OH que, por simplicidade, é representado no texto desta página como HA.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

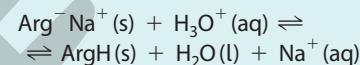
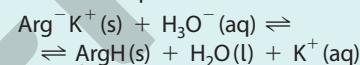
Nesta atividade, cada equipe deverá produzir um vídeo, conforme as instruções do final deste boxe, que articule a relação entre as informações a seguir.

Informação 1

As argilas presentes nos solos férteis têm cargas negativas que são eletricamente equilibradas pela presença de alguns cátions como K⁺ e Na⁺. Se empregarmos a simbologia Arg⁻ para a argila, essas associações sólidas entre ânion e cátion podem ser representadas por Arg⁻K⁺(s) e Arg⁻Na⁺(s).

Informação 2

Os cátions ligados à argila podem ser substituídos por outros que estejam dissolvidos na água do solo, como o H₃O⁺. Nesse caso, os equilíbrios químicos envolvidos são assim equacionados:



Informação 3

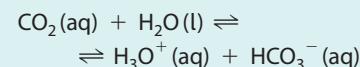
Os cátions K⁺ e Na⁺ são nutrientes de plantas e, para serem absorvidos pelas raízes, precisam estar em solução aquosa.

Informação 4

Ao realizarem respiração celular, as raízes das plantas expelem dióxido de carbono, que se dissolve na água do solo ao seu redor, aumentando nela a concentração de CO₂(aq).

Informação 5

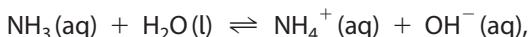
O CO₂(aq) toma parte do seguinte equilíbrio químico:



A atividade

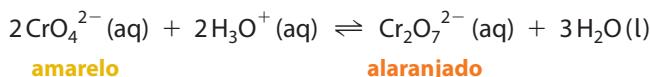
Producir um vídeo no qual se empreguem argumentos referentes a deslocamento de equilíbrio químico para ordenar adequadamente as informações acima e explicar como a respiração celular das raízes está vinculada à liberação de íons K⁺(aq) e Na⁺(aq) para a nutrição da planta. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Da mesma maneira como exemplificamos com um ácido HA e a adição do ânion comum A^- , poderíamos tê-lo feito com uma base e seu cátion comum, tirando conclusões análogas. Por exemplo, se considerarmos uma solução aquosa em que haja o equilíbrio de ionização da amônia,



a dissolução de um sal com o íon comum amônio (NH_4^+), tal como cloreto de amônio (NH_4Cl) ou nitrato de amônio (NH_4NO_3), terá como efeitos: o deslocamento do equilíbrio no sentido de formação dos reagentes, a redução da concentração de íons hidróxido, $[\text{OH}^-]$, e a diminuição do grau de ionização da amônia. Contudo, tal adição não modificará a constante de basicidade da amônia (K_b).

O efeito do aumento da concentração de um íon comum acarretando deslocamento de um equilíbrio químico também se estende a outros casos, além da dissociação de ácidos e/ou bases. Um exemplo interessante é o do equilíbrio envolvendo cromato (CrO_4^{2-}), amarelo, e dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), alaranjado:



A adição de um ácido como HCl, HNO₃ ou H₂SO₄ a uma solução aquosa em que haja esse equilíbrio químico (isto é, aumento da concentração do íon comum H₃O⁺ na solução) provoca deslocamento do equilíbrio no sentido da formação de produtos, o que faz a solução ficar mais alaranjada (Fig. 2).

Também é possível deslocar um equilíbrio químico iônico (isto é, que envolve íons) adicionando um íon que não seja comum, mas que reaja com algum íon participante do equilíbrio, diminuindo sua concentração.

Para exemplificar, voltemos ao exemplo do equilíbrio entre cromato e dicromato. A adição de uma base como NaOH ou KOH (isto é, a introdução do íon hidróxido, OH^- , que não é participante do equilíbrio) faz com que haja deslocamento no sentido de formar reagentes e a solução fica amarela. Isso porque os íons OH^- reagem com os íons H_3O^+ (neutralização ácido-base), diminuindo sua concentração. Assim, aumentar a concentração de íons hidróxido no meio aquoso equivale a diminuir a concentração de íons H_3O^+ , o que desloca o equilíbrio químico do qual ele é participante.



Figura 2 Os dois bêqueres continham, inicialmente, solução aquosa contendo íons cromato, que conferem coloração amarela ao meio. O frasco da esquerda foi mantido intacto, para comparação da cor. No recipiente da direita, a adição de solução aquosa de ácido clorídrico fez com que ocorresse mudança de coloração devido a um deslocamento de equilíbrio (comentado no texto ao lado) que consome íons cromato e forma íons dicromato, que conferem coloração alaranjada ao meio. Tanto o cromato como o dicromato são perigosos e, em função disso, este experimento NÃO deve ser reproduzido na escola.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

- 6.** 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:

$$\text{HCO}_3^- (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{l})$$

Explique por que ocorre liberação de dióxido de carbono gasoso (gás carbônico) 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.

7. 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:

$$\text{CO}_3^{2-} (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$$
$$\text{HCO}_3^- (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 (\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{l})$$

Preveja a possibilidade de liberação de gás quando um ácido ou uma base é adicionado a essa solução, apresentando argumentos que sustentem sua resposta.

8. Em uma solução aquosa de gás amônia em água, existe o equilíbrio químico assim equacionado:

$$\text{NH}_3 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$$

A exalação de odor de amônia por essa solução, que se deve à liberação de amônia gasosa, $\text{NH}_3 (\text{g})$, 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.

9. A parte rígida de nossos dentes é constituída predominantemente de hidroxiapatita, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, que, em presença de água, estabelece o equilíbrio químico cuja equação é:

$$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} (\text{s}) \rightleftharpoons 5\text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 3\text{PO}_4^{3-} (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$$

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).

4. Autoionização da água

Na água líquida, ocorre o seguinte equilíbrio químico:



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 5 do Capítulo 2).

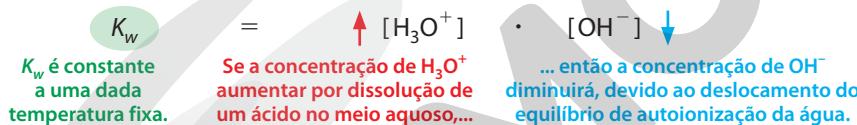
Como comentaremos a seguir, essa constante de equilíbrio é de fundamental importância para a introdução do conceito de pH . Ela é denominada **produto iônico da água** e simbolizada por K_w :

Expressão matemática do produto iônico da água: $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$

Valores de K_w em diferentes temperaturas são mostrados na Tabela 3. 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 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ é igual a $[\text{OH}^-]$, pois esses íons são produzidos na proporção (em mol) de 1:1, conforme os coeficientes da equação química. Como, nessa temperatura, $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ (Tabela 3), concluímos que $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L, pois, multiplicando os valores numéricos de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ e $[\text{OH}^-]$, resulta $1,0 \cdot 10^{-14}$.

Um meio aquoso no qual, assim como na água pura, as concentrações $[\text{H}_3\text{O}^+]$ e $[\text{OH}^-]$ 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 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 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 $[\text{OH}^-]$ nesse meio. Considerando que a temperatura seja mantida constante (o que faz com que K_w permaneça constante), temos:



Assim, em um **meio aquoso ácido**, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ é maior que $[\text{OH}^-]$.

De modo similar, ao dissolver uma base como NaOH ou KOH em água pura, o aumento da $[\text{OH}^-]$ também acarreta deslocamento do equilíbrio de autoionização da água no sentido de formar reagente e causa diminuição da $[\text{H}_3\text{O}^+]$:



Assim, em um **meio aquoso básico** (ou **alcalino**), $[\text{OH}^-]$ é maior que $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

Com muita frequência, emprega-se a temperatura de 25 °C no estudo de meios aquosos em laboratório, temperatura em que $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ (Tabela 3). Assim, decorre que, a 25 °C, um:

- **meio neutro** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L;
- **meio ácido** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $> [\text{OH}^-]$ (veja um exemplo na Figura 3);
- **meio básico** (ou **alcalino**) apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $< [\text{OH}^-]$.

Tabela 3 Valor numérico do produto iônico da água (K_w) em diferentes temperaturas, a 1 atm

Temperatura (°C)	K_w
0	$1,1 \cdot 10^{-15}$
10	$2,9 \cdot 10^{-15}$
20	$6,8 \cdot 10^{-15}$
25*	$1,0 \cdot 10^{-14}$
30	$1,5 \cdot 10^{-14}$
40	$2,9 \cdot 10^{-14}$
50	$5,4 \cdot 10^{-14}$
60	$9,5 \cdot 10^{-14}$
70	$1,6 \cdot 10^{-13}$
80	$2,5 \cdot 10^{-13}$
90	$3,8 \cdot 10^{-13}$
100	$5,6 \cdot 10^{-13}$

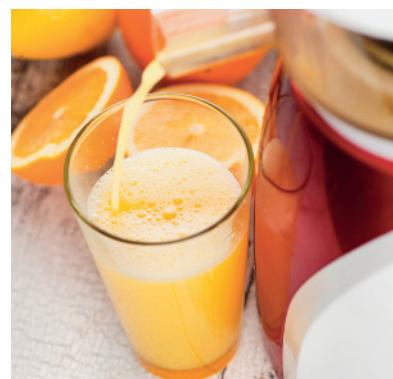
* Temperatura que terá destaque em nosso estudo dos conceitos de pH e de pOH .

Fonte: HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Analice os dados da Tabela 3 e, empregando o que aprendeu no Capítulo 2, deduza se a autoionização da água é uma reação endotérmica ou exotérmica. Explique como você chegou à conclusão.



BOUMEN JAPET/SHUTTERSTOCK

Figura 3 O suco de laranja dessa foto é uma solução aquosa na qual a concentração de íons oxônio, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, 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, $[\text{OH}^-]$, 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 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$, trata-se de um meio aquoso ácido.

5. Escala de pH e escala de pOH

Conforme mostra a Tabela 3, o valor de K_w , a 25 °C, é $1,0 \cdot 10^{-14}$ e, portanto, em um meio aquoso, nessa temperatura, $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$. Para ilustrar, consideremos dois exemplos nessa temperatura:

- certa marca de vinagre apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol/L e, consequentemente, tem $[\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-11}$ mol/L, a 25 °C;
- determinada variedade de creme dental apresenta $[\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-5}$ mol/L e, portanto, a 25 °C, tem $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-9}$ mol/L.

Note que, em ambos os casos, o produto $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ resulta o valor numérico $1,0 \cdot 10^{-14}$.

Durante seus trabalhos de pesquisa visando à melhoria do controle de qualidade de produtos industriais de fermentação, 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: $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$

Potencial hidroxiliônico (*pOH*) de uma solução: $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$

Decorre dessa definição matemática que, se o *pH* de uma solução aquosa for igual a *n*, então a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ nessa solução será 10^{-n} mol/L. Analogamente, se o *pOH* de uma solução aquosa é igual a *m*, então a $[\text{OH}^-]$ 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. A água pura apresenta *pH* = 7 e *pOH* = 7.

Aplicando logaritmo aos dois membros da expressão de K_w :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14} \Rightarrow \log [\text{H}_3\text{O}^+] + \log [\text{OH}^-] = -14$$

Multiplicando os dois membros da igualdade por -1:

$$-\log [\text{H}_3\text{O}^+] - \log [\text{OH}^-] = 14 \Rightarrow \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

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 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow \text{pH} = 7$
 $[\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow \text{pOH} = 7$
- meio ácido** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow \text{pH} < 7$
 $[\text{OH}^-] < 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow \text{pOH} > 7$
- meio básico** apresenta $[\text{H}_3\text{O}^+] < 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow \text{pH} > 7$
 $[\text{OH}^-] > 1,0 \cdot 10^{-7}$ mol/L $\Rightarrow \text{pOH} < 7$

A Tabela 4 apresenta alguns valores típicos de *pH* para alguns materiais e a Figura 4 esquematiza a relação que existe entre *pH*, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{OH}^-]$ e *pOH*.

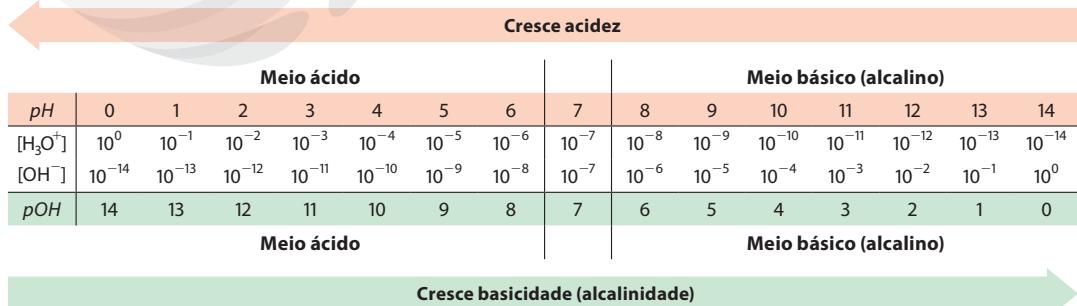


Tabela 4 Valores aproximados de *pH* para alguns materiais, a 25 °C

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: HAYNES, W. M. (ed.). CRC handbook of Chemistry and Physics. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017; EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. General Chemistry. 11. ed. Boston: Cengage, 2017.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

As leis de proteção ambiental brasileiras proíbem o lançamento no mar, em rios ou em lagos de efluentes cujo *pH* esteja fora da faixa que vai de 5 a 9.

Compare uma solução aquosa de *pH* = 5 com outra de *pH* = 9 e, sobre elas, responda:

- Qual é a mais ácida? Quantas vezes a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ dessa solução é maior que a da outra? Por quê?
- Qual é a mais básica (alcalina)? Quantas vezes a $[\text{OH}^-]$ dessa solução é maior que a da outra? Como você concluiu?

Figura 4 Esquema da relação entre *pH*, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{OH}^-]$ e *pOH*, para meios aquosos, a 25 °C.

Fonte: EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. General Chemistry. 11. ed. Boston: Cengage, 2017.

Aplicando conhecimentos

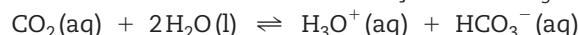


Registre as respostas em seu caderno.

**Veja respostas e comentários no
Suplemento do Professor.**

- 10.** A análise de uma determinada marca de água mineral gaseificada resultou $pH = 4$, a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual é o valor da concentração de íons oxônio, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, e da concentração hidroxiliônica, $[\text{OH}^-]$, nesse líquido?

- 11.** A chuva em ambientes não poluídos, a 25 °C, apresenta normalmente pH = 5,6. Isso indica que ela é ligeiramente ácida, o que é explicado pela presença de dióxido de carbono dissolvido, que reage com água acarretando aumento da concentração de íons H_3O^+ :



Em grandes centros urbanos, contudo, a presença de poluentes promove o aparecimento de ácidos fortes na chuva, como o sulfúrico e o nítrico, originando o fenômeno denominado chuva ácida, na qual o pH é inferior a 5,6. Duas amostras de chuva ácida foram submetidas a análise, a 25 °C, resultando $pH = 3,6$ (amostra A) e $pH = 2,6$ (amostra B).

- Qual das duas amostras é mais ácida? Explique.
- Quantas vezes a $[H_3O^+]$ da amostra A é maior que a da chuva em ambiente não poluído?

- 13.** Determinada variedade de suco de limão tem $pH = 2,3$ e determinada variedade de suco de goiaba tem $pH = 4,3$. Considerando-os a $25^\circ C$, determine o valor:

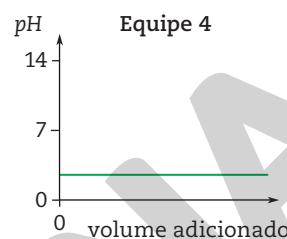
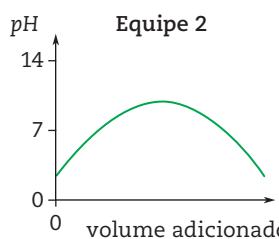
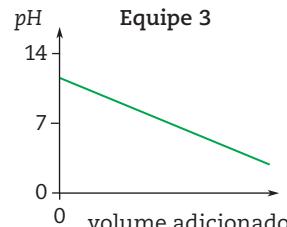
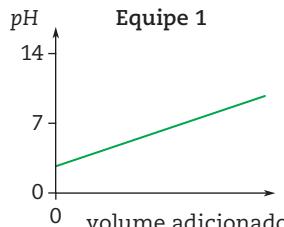
 - da relação $[H_3O^+]_{\text{suco de limão}}/[H_3O^+]_{\text{suco de goiaba}}$;
 - do pOH de cada um desses meios aquosos;
 - da relação $[OH^-]_{\text{suco de goiaba}}/[OH^-]_{\text{suco de limão}}$.

- 14.** 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 $[H_3O^+]$?

- 15.** Durante uma aula de Ciências, a professora propôs a seguinte situação: a um recipiente contendo 100 mL de uma solução aquosa 0,001 mol/L de HCl, a 25 °C, adicionam-se vagarosamente 100 mL de solução aquosa 0,001 mol/L de HCl, também a 25 °C.

Ela solicitou que quatro equipes de estudantes elaborassem o gráfico do pH do meio aquoso presente no frasco em função do volume de solução adicionado, desde o início até o final do experimento.

Os gráficos elaborados são mostrados a seguir. Indique qual dos grupos elaborou o gráfico correto e apresente argumentos que justifiquem e sustentem sua resposta.



- 16.** O suco de laranja da Figura 3 deste capítulo é uma solução aquosa na qual, a 25°C , a concentração de íons H_3O^+ é 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:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{0,30} \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} = 10^{-3,7} \text{ mol/L}$$

o que possibilita afirmar que o suco em questão apresenta $pH = 3,7$. Raciocínio similar possibilita o cálculo do pH de diferentes meios aquosos.

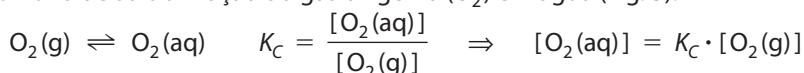
número	logaritmo decimal
2,0	0,30
3,2	0,50
5,0	0,70
6,3	0,80

Considerando a tabela de valores acima, 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.

6. Solubilidade de gases em água

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):

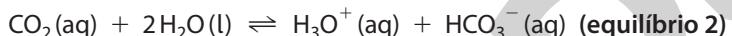


Perceba, pela expressão à direita, que a concentração (em mol/L) de O_2 em solução aquosa é diretamente proporcional à concentração (em mol/L) de O_2 na fase gasosa e que K_C é a constante de proporcionalidade. Experimentalmente, é mais simples medir a pressão do O_2 na fase gasosa, $P(O_2)$, do que 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 acima, $[O_2(g)]$ 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 5), que depende do gás, do líquido e da temperatura. A expressão obtida é chamada **lei de Henry**.

Lei de Henry para um gás X dissolvido em água: $[X(aq)] = K_H \cdot P(X)$

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.

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:



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. Assim, pela lei de Henry, a $[CO_2(aq)]$ nesse equilíbrio (usando o valor de K_H da Tabela 5) é:

$$[CO_2(aq)] = K_H \cdot P(CO_2) = 3,39 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot atm^{-1} \cdot 2,5 \text{ atm} = 8,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

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. Assim, ao nível do mar (pressão total do ar 1 atm), a pressão parcial do $CO_2(g)$ (isto é, a pressão exercida apenas pelo $CO_2(g)$ do ar) é 0,04% de 1 atm, ou seja, 0,0004 atm. Usando novamente a lei de Henry para essa situação final:

$$[CO_2(aq)] = K_H \cdot P(CO_2) = 3,39 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot atm^{-1} \cdot 0,0004 \text{ atm} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Isso indica que 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).

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.

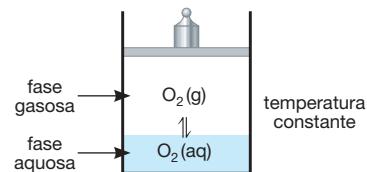


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 5 Representação esquemática do equilíbrio entre oxigênio em fase gasosa e em fase aquosa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Tabela 5 Valores da constante da lei de Henry (K_H) para a solubilização de alguns gases em água, a 25 °C.

Equilíbrio	K_H (mol · L ⁻¹ · atm ⁻¹)
$N_2(g) \rightleftharpoons N_2(aq)$	$6,61 \cdot 10^{-4}$
$CO(g) \rightleftharpoons CO(aq)$	$9,55 \cdot 10^{-4}$
$O_2(g) \rightleftharpoons O_2(aq)$	$1,26 \cdot 10^{-3}$
$CH_4(g) \rightleftharpoons CH_4(aq)$	$1,29 \cdot 10^{-3}$
$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$	$3,39 \cdot 10^{-2}$

Fonte: STUMM, W.; MORGAN, J. *J. Aquatic Chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters*. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1996.



CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOFARNA

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 desta página explica que equilíbrios são esses e os motivos de serem deslocados devido à abertura da embalagem.

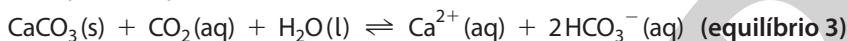
O pH do sangue humano deve permanecer na faixa de 7,35 a 7,55, e pequenas variações para fora dessa faixa são suficientes para provocar tonturas e desmaios, seja por alcalose (pH acima dessa faixa) ou por acidose (pH abaixo dessa faixa). A expiração intensa e prolongada pode causar alcalose. Já um evento que impeça a ventilação dos pulmões, cessando a expiração do ar, causa acúmulo de CO₂(aq) no plasma e pode acarretar acidose.

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 CO₂(aq) no plasma sanguíneo, o que provoca deslocamento do equilíbrio 2 no sentido dos reagentes, consumindo H₃O⁺ e diminuindo, assim, a acidez do sangue (aumento do pH do plasma sanguíneo).

O CO₂ é apenas um dos gases dissolvidos no nosso sangue. Há também O₂, N₂ 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 CO₂ em água (equilíbrio 1) também está relacionado ao fenômeno de formação de stalactites e stalagmites. Nesse caso, outro equilíbrio químico envolvido é:



Quando a água subterrânea que contém CO₂ dissolvido passa por terrenos contendo calcário (mineral rico em CaCO₃), a alta pressão (decorrente do peso das camadas sobre o lençol de água subterrânea) faz com que haja alta concentração de CO₂ dissolvido, o que desloca o equilíbrio 3 no sentido de formação de produtos, solubilizando o CaCO₃ na forma de íons Ca²⁺(aq) e HCO₃⁻(aq). Quando esse líquido goteja dentro de uma caverna, mais abaixo, na qual a pressão é menor, essa redução de pressão provoca saída de CO₂ gasoso da solução aquosa, diminuindo a concentração de CO₂(aq) e deslocando o equilíbrio 3 no sentido de formação dos reagentes. Assim ocorre formação de CaCO₃ sólido, constituinte das stalactites (no teto) e das stalagmites (no chão) (Fig. 7).

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 O₂ 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).



VON HUGHES-STANTON SHUTTERSTOCK

Figura 7 Estalactites e stalagmites são formações que contêm carbonato de cálcio precipitado devido a um deslocamento de equilíbrio químico. (Interior de caverna nas Ilhas Cayman, território britânico no Caribe.)



DANIEL DE GRANVILLE/FOTOARENA

Figura 8 Cardume de curimbatás no Rio Olho d'Água (Jardim, MS, 2011). O gás oxigênio dissolvido na água, O₂(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.

Recifes de coral e dióxido de carbono dissolvido nos oceanos

Os recifes de coral estão entre os ecossistemas mais produtivos que existem [...]. São grandes formações de carbonato de cálcio em mares tropicais rasos que são depositadas por organismos vivos ao longo de milhares de anos; as plantas e os animais vivos são limitados à camada de cobertura dos recifes, onde eles acrescentam mais carbonato de cálcio àquele já depositado por seus antecessores [...].

Os corais hermatípicos [formadores de recifes] requerem calor, luminosidade e a salinidade da água do mar não diluída. Essas exigências limitam os recifes de coral às águas rasas entre as latitudes de 30° norte e 30° sul, e os excluem das áreas com ressurgências de águas frias ou áreas próximas a desembocadura de rios maiores, com baixas salinidades e altamente turvas. Esses corais requerem luz porque eles têm dinoflagelados mutualísticos (zooxantelas) vivendo em seus tecidos. As zooxantelas microscópicas são muito importantes para os corais; sua fotossíntese e fixação de gás carbônico fornecem as moléculas alimentares para seus hospedeiros [...].

O branqueamento de corais ocorre quando os corais perdem suas zooxantelas e tornam-se brancos e quebradiços. A perda das zooxantelas está correlacionada com o aquecimento global e resultante aumento da temperatura dos oceanos. À medida que as águas se aquecem, o calor danifica parte do mecanismo fotossintético das zooxantelas [...].

Estresses ambientais matam os corais diretamente, ou os fazem mais suscetíveis às numerosas doenças de corais que têm sido observadas nos anos recentes, bem como ao branqueamento. Além disso, as altas concentrações de dióxido de carbono na

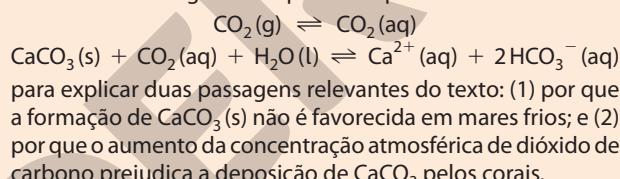
atmosfera (oriundos da queima de combustíveis à base de hidrocarbonetos) tende a acidificar a água dos oceanos, o que faz com que a precipitação de CaCO_3 por corais seja mais difícil metabolicamente.

Fonte: HICKMAN JR., C. P. et al. *Princípios integrados de Zoologia*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

A perda das zooxantelas pelos corais geralmente leva à perda da capacidade de secretar esqueletos de carbonato de cálcio. Hoje em dia, o desaparecimento generalizado dos corais do Caribe parece ser responsável pela redução de 32% a 72% das populações de peixes recifais – uma alteração potencialmente catastrófica para as comunidades costeiras que dependem da pesca. A biodiversidade dos recifes de coral correlaciona-se com a área do recife e, assim, os efeitos a longo prazo da destruição dos recifes provavelmente são cumulativos e difíceis de revertir.

Fonte: BRUSCA, R. C. et al. *Invertebrados*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

Em equipes, após análise do texto, empreguem os conceitos estudados e os seguintes equilíbrios químicos:



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 de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.) Também na produção, proponham o que a sociedade pode fazer para minimizar ou acabar com esse problema.

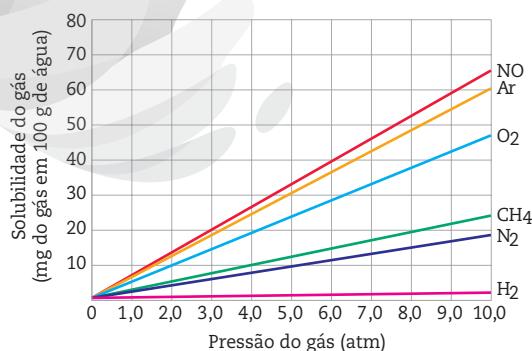
Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

17. O gráfico abaixo mostra a solubilidade de gases em água, a 20 °C.

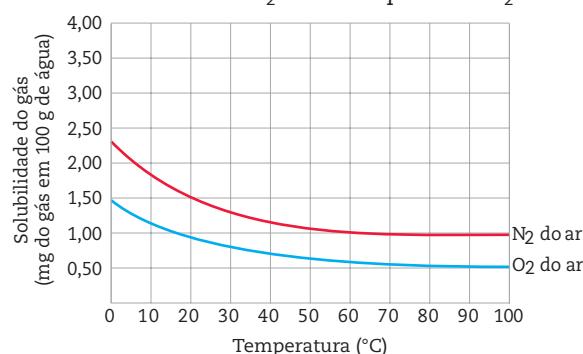
- Explique que lei científica ele permite ilustrar.
- Por que, considerando essa lei, as linhas mostradas no gráfico são retas?



Fonte: HILL, J. W. et al. *Chimie des solutions*. 2. ed. Quebec: ERPI, 2008.

18. Analise o gráfico da solubilidade em água de N₂(g) e O₂(g) do ar (a 1 atm) em função da temperatura.

- Como ele pode ser usado para explicar o que é poluição térmica?
- O valor de K_H é maior para o O₂ que para o N₂ (Tabela 5). Então, por que, em certa temperatura, a solubilidade do N₂ é maior que a do O₂?



Fonte: HILL, J. W. et al. Op. cit.



- 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:

Gráfico I

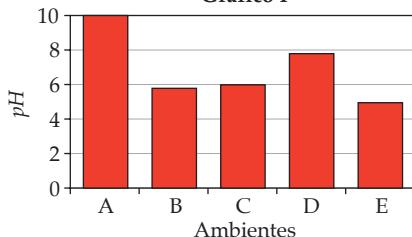
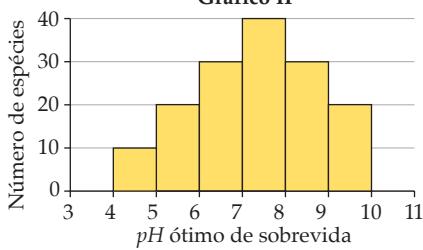


Gráfico II



- a) A b) B c) C d) D e) E

- 2.** (Enem) Uma dona de casa accidentalmente 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.

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 hidrogenionicas 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.

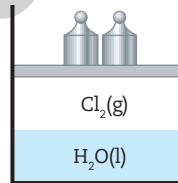
- 3.** (Unicamp-SP) “Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas nos trechos de maior corredeira a quantidade de oxigênio aumenta.” Ao ouvir essa informação de um técnico do meio ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: “Estou 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?

- 4.** (Fuvest-SP) Quando se borbulha o ar atmosférico, que contém cerca de 20% de gás oxigênio, em um aquário mantido a 20 °C, resulta uma solução que contém certa quantidade de gás O_2 dissolvido. Explique que expectativa pode-se ter acerca da concentração de oxigênio na água do aquário em cada uma das seguintes hipóteses:

- a) aumento da temperatura da água para 40 °C;
 b) aumento da concentração atmosférica de gás oxigênio para 40%.

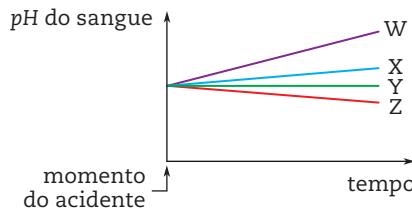
- 5.** (Uneb-BA) A água de cloro, 5. c usada como bactericida no tratamento de água, é obtida borbulhando-se o gás cloro (Cl_2) em água (H_2O), conforme esquema ao lado. A reação química que ocorre é a representada pela seguinte equação:



Representação
fora de proporção;
cores meramente
ilustrativas.

- $$\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HClO}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq})$$
- 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 $\text{HClO}(\text{aq})$ e $\text{HCl}(\text{aq})$.
 d) diminui o pH e aumenta a concentração de H_3O^+ .
 e) o equilíbrio não sofre alteração.

- 6.** (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 abaixo:



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

ALGUMAS APLICAÇÕES DA ESCALA DE pH



SHAWN HEMPEL/SHUTTERSTOCK

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

Os indicadores ácido-base são substâncias que, em solução aquosa, apresentam uma cor que é influenciada pelo pH do meio. Como veremos neste capítulo, o intervalo de pH no qual um indicador ácido-base tem a coloração alterada é chamado de faixa de viragem.

Os corpos de água apresentam diferentes valores de pH que variam de acordo com fatores como as características do solo e a atividade fotossintética de plantas e algas. O pH é uma medida que indica o grau de acidez ou alcalinidade do meio, e a alteração significativa desse valor pode gerar impactos aos seres vivos. Apesar de diferentes organismos aquáticos apresentarem faixas distintas de tolerância a variações da acidez/alcalinidade do meio em que vivem, de forma geral, os valores de pH entre 7 e 8 são considerados os mais adequados por gerarem menor impacto aos ecossistemas aquáticos.

Efluentes são líquidos produzidos em instalações industriais e que não são objeto de interesse, devendo ser corretamente tratados para descarte ou reaproveitados de alguma maneira. O pH dos efluentes pode variar em consequência da contaminação provocada pelos diversos processos que acontecem nas indústrias. Por exemplo, a presença de resíduos como hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou hidróxido de cálcio faz com que o efluente fique alcalino e prejudicial ao ecossistema aquático. Para tratar um efluente nessas condições, em geral, utilizam-se ácidos como o ácido sulfúrico e o ácido clorídrico. No entanto, existem riscos advindos da utilização e do transporte dessas substâncias fortemente ácidas que também podem comprometer a saúde humana e a integridade ambiental.

Como alternativa a esses ácidos, o gás dióxido de carbono tem sido usado como neutralizador de alguns efluentes alcalinos, já que ele oferece maior facilidade operacional. Esse gás evita riscos relacionados aos vapores tóxicos e às queimaduras e lesões, que podem ocorrer durante a manipulação de ácidos, e aos acidentes de transporte, como derramamento de ácidos em rodovias e seus arredores. A medição do pH durante os processos de neutralização pode ser feita por meio de indicadores ácido-base ou de aparelhos eletrônicos medidores de pH . Neste capítulo, veremos como calcular o pH de meios aquosos e como alguns indicadores ácido-base funcionam.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT105
- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT205
- EM13CNT302
- EM13CHS304
- EM13MAT101

1. Cálculo do pH de alguns meios aquosos

Neste capítulo, empregaremos conceitos estudados no capítulo anterior para analisar algumas situações de interesse, como o funcionamento de indicadores ácido-base, a acidez da chuva (Fig. 1), a distribuição porcentual das espécies molecular e iônica (relativas a um ácido) em função da acidez do meio aquoso em que se encontram e as soluções-tampão (ou soluções tamponadas) e sua relevância.

Começaremos abordando a determinação do pH de soluções aquosas ácidas, o que requer o cálculo da concentração de íons oxônio no meio, $[H_3O^+]$. Consideremos, como exemplos, as seguintes soluções aquosas, todas a 25 °C:

- HCl, 0,050 mol/L;
- H_2SO_4 , 0,050 mol/L; e
- CH_3COOH , 0,050 mol/L.

Sobre o nome oxônio, veja comentário ao professor, em cor magenta, no Item 1 do Capítulo 6.

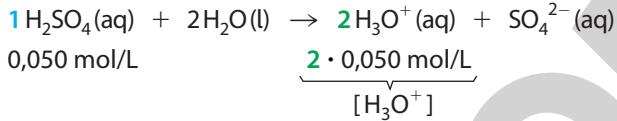
No caso do HCl, trata-se de um monoácido forte e, conforme o Item 2 do Capítulo 6, podemos empregar a expressão $[H_3O^+] = \alpha \cdot \mathcal{M}$ para calcular a concentração de íons hidrônio. Consideraremos que $\alpha = 100\%$, o que é uma aproximação válida para ácidos fortes em soluções não muito concentradas. Tendo o valor de $[H_3O^+]$, chegamos ao pH:

$$[H_3O^+] = \alpha \cdot \mathcal{M} = \frac{100}{100} \cdot 0,050 \text{ mol/L} = 0,050 \text{ mol/L} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Como o logaritmo decimal de 5 é igual a 0,7, temos que $5 = 10^{0,7}$. Então:

$$[H_3O^+] = 10^{0,7} \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} = 10^{-1,3} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 1,3$$

No caso da solução aquosa de H_2SO_4 , trata-se de um diácido forte. Consideraremos que $\alpha = 100\%$ para as duas etapas de ionização e levaremos em conta, portanto, a proporção 1:2 entre a concentração (mol/L) de ácido dissolvido e a concentração de H_3O^+ proveniente da ionização completa:



$$\text{Então: } [H_3O^+] = 0,10 \text{ mol/L} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 1,0$$

No caso da solução de ácido acético (CH_3COOH), o soluto é um monoácido fraco, cujo K_a tem valor numérico $1,8 \cdot 10^{-5}$ (Tabela 1 do Capítulo 6). Para utilizarmos a expressão $[H_3O^+] = \alpha \cdot \mathcal{M}$, necessitamos do valor de α . Este, por sua vez, pode ser obtido a partir da expressão da lei da diluição de Ostwald aproximada para o caso de ácido fraco (Item 2 do Capítulo 6). Vamos isolar α nessa expressão:

$$K_a = \alpha^2 \cdot \mathcal{M} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{\mathcal{M}}}$$

Substituindo em $[H_3O^+] = \alpha \cdot \mathcal{M}$, obtemos:

$$[H_3O^+] = \alpha \cdot \mathcal{M} = \sqrt{\frac{K_a}{\mathcal{M}}} \cdot \mathcal{M} = \sqrt{\frac{K_a}{\mathcal{M}} \cdot \mathcal{M}^2} = \sqrt{K_a \cdot \mathcal{M}}$$

Substituindo os valores numéricos de K_a e \mathcal{M} :

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot \mathcal{M}} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{9,0 \cdot 10^{-7}} = \sqrt{9,0} \cdot (10^{-7})^{\frac{1}{2}}$$

Com o que chegamos a:

$$[H_3O^+] = 3,0 \cdot 10^{-3,5} \text{ mol/L}$$

Considerando que o logaritmo decimal de 3, expresso com uma casa após a vírgula, vale 0,5, temos que $3 = 10^{0,5}$ e, portanto:

$$[H_3O^+] = 10^{0,5} \cdot 10^{-3,5} \text{ mol/L} = 10^{-3} \text{ mol/L} \Rightarrow pH = 3,0$$

Pelos resultados obtidos, podemos ordenar as soluções conforme sua acidez:

$$H_2SO_4 (\text{pH} = 1,0) \quad HCl (\text{pH} = 1,3) \quad CH_3COOH (\text{pH} = 3,0)$$

← ordem crescente de acidez →



SYDA PRODUCTION/SHUTTERSTOCK

Figura 1 Veremos neste capítulo que, quando 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.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

A determinação do pH de soluções aquosas alcalinas (básicas) segue linhas gerais similares às apresentadas nesta página. Contudo, em vez de determinar a concentração de H_3O^+ , determinamos a concentração de OH^- proveniente da dissociação da base. Tendo o valor de $[OH^-]$, chegamos ao pOH e, considerando que a solução esteja a 25 °C, concluímos qual é o valor de pH usando a relação $pH + pOH = 14$, válida para soluções aquosas nessa temperatura.

Fundamentado nessas considerações, determine o pH, a 25 °C, das seguintes soluções aquosas:

- NaOH, 0,10 mol/L;
- $Ca(OH)_2$, 0,10 mol/L; e
- NH_3 , 0,10 mol/L.

Considere que as duas primeiras bases são fortes e que a terceira base é fraca com valor numérico de K_b igual a $2 \cdot 10^{-5}$. Utilize uma calculadora que tenha as teclas "log" e "√".

Registre os raciocínios e os cálculos no caderno e, ao final, ordene as soluções mencionadas usando como critério a basicidade (alcalinidade) crescente.

2. 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. 2 e 3).

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUURA

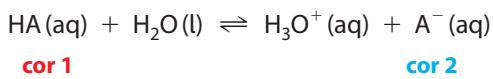
pH	0	2	4	6	8	10	12	14
Indicador								
Azul de bromofenol		amarelo						azul
Alaranjado de metila		vermelho		amarelo				
Vermelho de metila			vermelho		amarelo			
Azul de bromotimol				amarelo				azul
Fenolftaleína					incolor			róseo

Figura 2 Faixa de viragem de alguns indicadores ácido-base.

Fonte: ZUMDAHL, S. S. et al. *Chemistry*. 10. ed. Boston: Cengage, 2018.

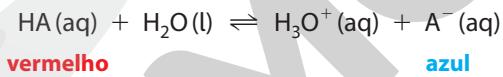
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

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:



e no qual as formas não ionizada (molecular), HA, e ionizada, A^- , têm cores diferentes. Quando o pH do meio diminui (aumento da $[\text{H}_3\text{O}^+]$ por adição de ácido), esse equilíbrio se desloca no sentido de formar reagentes, prevalecendo a cor 1. Quando o pH aumenta (aumento da $[\text{OH}^-]$ 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.

Para compreender por que a faixa de viragem de cada indicador está posicionada em um diferente intervalo da escala de pH , vamos considerar um indicador hipotético que tenha valor numérico de K_a igual a $1,0 \cdot 10^{-5}$, que seja vermelho quando em sua forma molecular (HA) e azul quando em sua forma ionizada (A^-).



A partir da expressão de K_a , chegamos a:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

Como o valor numérico de K_a é conhecido, essa expressão permite calcular a relação entre a concentração (em mol/L) da forma ionizada, $[\text{A}^-]$, e a concentração (em mol/L) da forma molecular (não ionizada), $[\text{HA}]$, em qualquer meio cujo pH seja conhecido. Por exemplo:

- se $pH = 4$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4}$ mol/L: $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-4}} = 1,0 \cdot 10^{-1}$
- se $pH = 5$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5}$ mol/L: $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-5}} = 1,0$
- se $pH = 6$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6}$ mol/L: $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-6}} = 1,0 \cdot 10^{+1}$

Esses e outros resultados do cálculo da relação $[\text{A}^-]/[\text{HA}]$, para diversos valores de pH , de 0 a 14, são apresentados na Tabela 1.

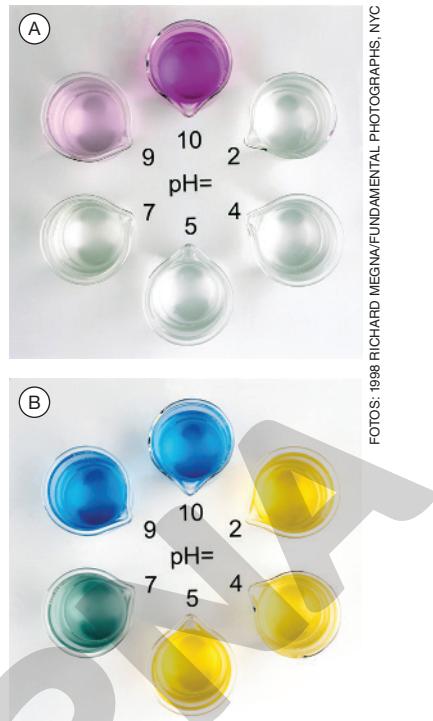


Figura 3 Soluções aquosas (initialmente incoloras) de diferentes valores de pH , às quais se adicionou fenolftaleína (A) ou azul de bromotimol (B). A viragem da fenolftaleína ocorre ao redor de $pH \approx 9$, e a do azul de bromotimol, por volta de $pH \approx 7$, conforme demonstrado na Figura 2.

Tabela 1 Valor da relação entre as concentrações da forma ionizada, $[\text{A}^-]$, e da forma molecular, $[\text{HA}]$, de um indicador ácido-base que apresenta valor numérico de K_a igual a $1,0 \cdot 10^{-5}$.

pH	$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$
0	$1,0 \cdot 10^{-5}$
1	$1,0 \cdot 10^{-4}$
2	$1,0 \cdot 10^{-3}$
3	$1,0 \cdot 10^{-2}$
4	$1,0 \cdot 10^{-1}$
5	1,0
6	$1,0 \cdot 10^{+1}$
7	$1,0 \cdot 10^{+2}$
8	$1,0 \cdot 10^{+3}$
9	$1,0 \cdot 10^{+4}$
10	$1,0 \cdot 10^{+5}$
11	$1,0 \cdot 10^{+6}$
12	$1,0 \cdot 10^{+7}$
13	$1,0 \cdot 10^{+8}$
14	$1,0 \cdot 10^{+9}$

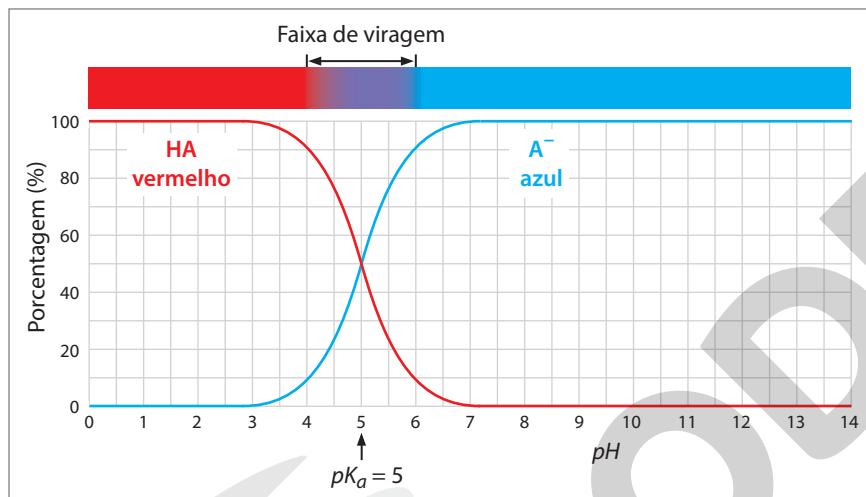
Fonte: Valores calculados a partir da relação matemática apresentada no texto.

A análise da Tabela 1 permite tirar algumas conclusões. Quando o indicador está em um meio com pH até 3, há uma expressiva predominância de HA em relação a A^- , pois os valores da relação $[A^-]/[HA]$ são muito inferiores a 1. Então, nesses meios, o indicador confere coloração vermelha à solução. Se o pH do meio for 4, $[A^-]/[HA]$ será igual a 0,1 e, portanto, [HA] será 10 vezes maior que $[A^-]$. Assim, também nesse meio, haverá predomínio da cor vermelha.

Quando o indicador estiver em um meio aquoso com $pH = 5$, as concentrações $[A^-]$ e $[HA]$ serão iguais, pois $[A^-]/[HA]$ resulta em 1. Assim, a solução não será predominantemente vermelha nem azul, mas exibirá uma coloração resultante da sobreposição dessas duas cores, que poderá ser vista como lilás ou roxo.

Em um meio com $pH = 6$, a relação $[A^-]/[HA]$ vale 10, ou seja, a $[A^-]$ é dez vezes $[HA]$. Nessa situação, a solução terá coloração azul, pois a forma ionizada é predominante na razão de 10 para 1. Em meios com pH superior a 7, há uma expressiva predominância da forma ionizada e a coloração conferida pelo indicador à solução também será azul.

A partir dos valores da Tabela 1, pode ser construído um diagrama como o da Figura 4, que expressa, em termos porcentuais, a abundância das formas não ionizada e ionizada em função do pH do meio aquoso.



A Figura 4 evidencia que, percorrendo a escala de pH em sentido crescente, a viragem desse indicador se inicia próximo de $pH = 4$ e se completa perto de $pH = 6$. Como se percebe, a faixa de viragem desse indicador se situa ao redor de $pH = 5$, o que é decorrência do valor numérico de $K_a = 1,0 \cdot 10^{-5}$.

Essa discussão pode ser generalizada para outros indicadores. Para isso, vamos introduzir a definição da grandeza pK_a : sendo K_a a constante de ionização de um ácido, em dada temperatura, define-se que, para esse ácido, nessa temperatura, $pK_a = -\log K_a$. Como consequência dessa definição, decorre que o valor de K_a para um ácido é 10^{-pK_a} .

Para o indicador ácido-base em questão, tem-se $pK_a = 5$ e $K_a = 10^{-5}$. Note, pelo gráfico apresentado na Figura 4, que, quando o pH do meio coincide com o valor de pK_a , as duas curvas se cruzam, indicando que $[HA] = [A^-]$ e, portanto, 50% do indicador se encontra não ionizado (HA) e 50% ionizado (A^-). Isso é decorrência do seguinte cálculo:

$$\text{Se } pH = pK_a = 5 \Rightarrow \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-5}}{1,0 \cdot 10^{-5}} = 1,0 \Rightarrow [HA] = [A^-]$$

Diagramas de distribuição porcentual de espécies podem ser elaborados para outros indicadores ácido-base. O aspecto das curvas é o mesmo daquelas que aparecem na Figura 4, contudo elas se cruzam em outro valor de pH , que é igual ao pK_a do ácido em questão (Fig. 5).

Figura 4 Diagrama de distribuição porcentual das espécies não ionizada (HA) e ionizada (A^-) de um indicador ácido-base hipotético com valor numérico de $K_a = 10^{-5}$, a 25 °C, em função do pH do meio aquoso em que está dissolvido. A faixa colorida, acima do gráfico, ilustra a coloração conferida à solução aquosa pelo indicador.

Conforme discutido no texto, quando:

$$pH = 4 \Rightarrow [HA] = 10[A^-]$$

$$pH = 5 \Rightarrow [HA] = [A^-]$$

$$pH = 6 \Rightarrow [A^-] = 10[HA]$$

Fonte consultada: SKOOG, D. A. et al. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.

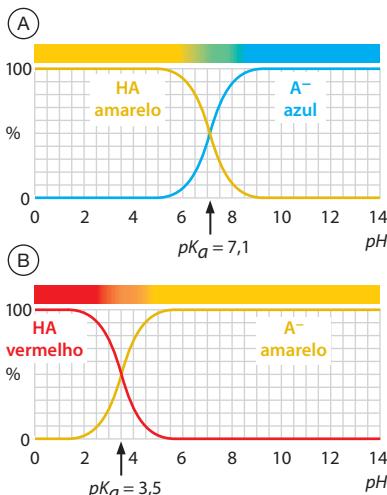
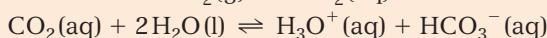
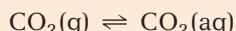


Figura 5 Diagrama de distribuição das espécies não ionizada (HA) e ionizada (A^-) em função do pH do meio aquoso, a 25 °C, para os indicadores ácido-base azul de bromotimol (A), $pK_a = 7,1$, e (B) alaranjado de metila, $pK_a = 3,5$.

Fonte consultada: SKOOG, D. A. et al. *Op. cit.*

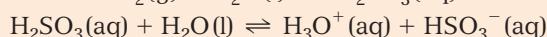
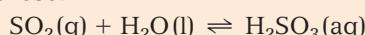
Chuva ácida

O *pH* da água pura, a 25 °C, é 7,0, mas quando o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera se dissolve na água, ocorre a formação de íons H_3O^+ e o *pH* da água em equilíbrio com o CO_2 atmosférico é de 5,6.

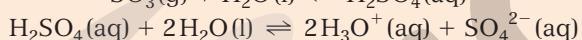
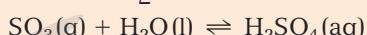
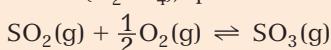


Apesar de a chuva em equilíbrio com o gás carbônico já ser ácida, só dizemos que a chuva tem um excesso de acidez quando seu *pH* for menor que 5,6. O aumento da acidez na chuva ocorre principalmente quando há um aumento na concentração de óxidos de enxofre e nitrogênio na atmosfera.

O dióxido de enxofre (SO_2) é um responsável pelo aumento da acidez da chuva. Este é produzido diretamente como subproduto da queima de combustíveis fósseis como a gasolina, carvão e óleo diesel. O óleo diesel e o carvão contêm enxofre em sua composição, sendo responsáveis por uma grande parcela da emissão de SO_2 para a atmosfera. Atualmente, no Brasil, há grande empenho na purificação do diesel a fim de diminuir drasticamente as impurezas que contêm enxofre. O SO_2 reage com a água formando ácido sulfúrico:



O dióxido de enxofre pode ser oxidado na atmosfera e formar o trióxido de enxofre (SO_3), que, por sua vez, em contato com a água da chuva, formará o ácido sulfúrico (H_2SO_4), que é um ácido forte.



A água de um lago em condições naturais tem o *pH* em torno de 6,5–7,0, podendo manter uma grande variedade de peixes, plantas e insetos, além de animais e aves que vivem no seu entorno e se alimentam no lago. O excesso de acidez na chuva pode provocar a acidificação de lagos. Um *pH* por volta de 5,5 pode matar larvas e pequenas algas, prejudicando também os animais que dependem desses organismos para se alimentar. No caso de o *pH* da água chegar a 4,0–4,5, pode ocorrer a intoxicação da maioria das espécies de peixes e levá-los até a morte.

O solo também pode ser acidificado pela chuva, porém alguns tipos de solo são capazes de neutralizar, pelo menos parcialmente, a acidez da chuva por causa da presença de calcário (composto principalmente por CaCO_3). Os solos que não têm calcário são mais suscetíveis à acidificação. Uma chuva ácida provoca um maior arraste de metais pesados do solo para lagos e rios, podendo intoxicar a vida aquática.

Fonte consultada: CAMPOS, M. L. A. M. et al. *Educação Ambiental e Cidadania: Poluição atmosférica e chuva ácida*.

Disponível em: <http://www.usp.br/qambiental/chuva_acidafront.html>. Acesso em: jul. 2020. (Adaptado.)

Em equipes, após interpretarem o texto, façam as atividades.

1. Admitam que, em uma amostra de chuva ácida, o único soluto responsável pela acidez seja $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, em concentração 0,00050 mol/L, a 25 °C. Qual é o *pH* dessa amostra?
2. 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 consultada: HARRIS, D. C. *Quantitative Chemical Analysis*.

9. ed. Nova York: Freeman, 2016.

Deduzam 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:

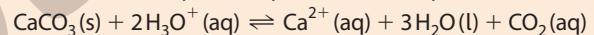
- a) água de chuva de local não poluído;
- b) água do lago (em condições naturais) mencionado no texto;
- c) água do mar, na qual $[\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-6}$ mol/L.

3. Técnicos empregaram os indicadores listados acima 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.

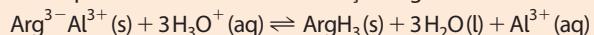
Expliquem, empregando argumentos adequados, o que se pode afirmar sobre o *pH* dessa amostra.

4. O último parágrafo do texto menciona que o carbonato de cálcio (CaCO_3) presente em solos pode atuar na neutralização da acidez da chuva que nele cai. Essa neutralização está relacionada ao equilíbrio químico assim equacionado:



Justifiquem, empregando argumentos relacionados a deslocamento de equilíbrio químico, por que a presença de CaCO_3 no solo ajuda a evitar que o *pH* desse solo seja reduzido pela incidência de chuva ácida.

5. O último parágrafo do texto menciona o arraste de metais do solo para lagos ou rios, intoxicando a vida aquática. Simbolizando a argila de um solo por Arg^{3-} , a associação sólida dela com íons alumínio (Al^{3+}) pode ser representada por $\text{Arg}^{3-}\text{Al}^{3+}(\text{s})$. Um equilíbrio químico estabelecido em solos que contenham essa associação argilosa é:



Expliquem por que a incidência de chuva ácida em um solo desse tipo, às margens de lago ou rio, pode aumentar a concentração de íons $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ nesse meio aquático. (Isso pode matar diversas formas de vida aquática e também ocorre com outros cátions de metais ainda mais tóxicos.)

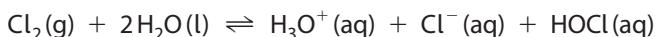
6. Elaborem um vídeo que divulgue à comunidade os prejuízos relativos à poluição por óxidos de nitrogênio e de enxofre, incluindo os possíveis danos à saúde humana e o problema da chuva ácida e seus efeitos, entre os quais o descrito na atividade anterior. Pesquisem as informações científicas necessárias para a produção do vídeo. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

3. Diagramas de distribuição de espécies

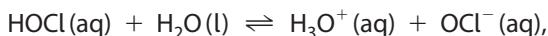
Diagramas de distribuição porcentual das espécies relativas a um ácido são úteis também na análise de situações envolvendo espécies químicas **incolores**. Veremos, neste item, exemplos de aplicação a algumas situações práticas.

Desinfecção da água no tratamento municipal

Quando gás cloro é dissolvido em água, reage com ela segundo a equação:



O ácido hipocloroso (HOCl) produzido se ioniza no meio aquoso,



sendo um ácido fraco, que, a 25°C , apresenta $K_a = 3,9 \cdot 10^{-8} = 10^{-7,4}$ e $pK_a = 7,4$.

A partir dessa informação, pode-se construir o diagrama de distribuição porcentual das espécies HOCl e OCl^- em função do pH (Fig. 6).

No tratamento municipal de água, o HOCl é usado como agente desinfetante, apresentando poder bactericida muito superior ao do ânion hipoclorito (OCl^-). Considerando que o pH da água distribuída à população possa estar no intervalo de 6 a 9, qual valor é mais adequado para garantir a desinfecção da água?

O diagrama de distribuição das espécies (Fig. 6) mostra que, dentro do intervalo de pH considerado (de 6 a 9), a porcentagem de HOCl é a maior possível em $pH = 6$ e, portanto, esse é o pH que garante desinfecção mais eficiente. Essa conclusão é coerente com o deslocamento do equilíbrio químico de ionização do HOCl : em $pH = 6$, a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ é maior que em $pH = 9$, o que desloca o equilíbrio de ionização no sentido de produzir HOCl .

Uma solução aquosa contendo HOCl/OCl^- , devido à potencialidade bactericida, é recomendada na sanitização doméstica de frutas e verduras (Fig. 7).

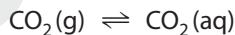
Branqueamento da polpa de madeira na fabricação de papel

Em uma das etapas da produção de papel, a polpa da madeira processada é dispersa em um meio aquoso no qual existem íons OCl^- , que reagem com ela provocando seu branqueamento. Sabe-se que, ao contrário do OCl^- , o HOCl não é eficiente como agente branqueador. Nessa fase, o pH é ajustado (pela adição de NaOH) para valores acima de 9. Por quê?

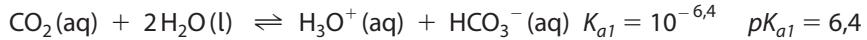
A resposta também está relacionada ao diagrama de distribuição das espécies (Fig. 6), o qual mostra que, em valores de pH superiores a 9, há grande predominância de OCl^- em relação a HOCl . Também nesse caso, podemos relacionar essa predominância ao deslocamento de equilíbrio químico. O aumento de pH se faz acompanhar da redução da $[\text{H}_3\text{O}^+]$ no meio aquoso, o que desloca o equilíbrio de ionização no sentido de produzir OCl^- .

Efervescência de carbonatos e bicarbonatos em meios ácidos

Como foi comentado no capítulo anterior, o dióxido de carbono gasoso (gás carbônico) dissolve-se em água e pode estabelecer o equilíbrio químico:



A partir do CO_2 dissolvido em água, dois equilíbrios químicos de ionização que podem se estabelecer no meio aquoso, a 25°C , são:



No diagrama de distribuição porcentual das espécies químicas aquosas (Fig. 8), há três curvas, referentes ao dióxido de carbono, CO_2 , ao ânion bicarbonato (ou hidrogenocarbonato), HCO_3^- , e ao ânion carbonato, CO_3^{2-} .

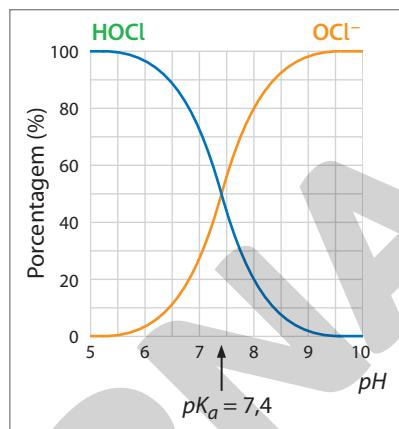
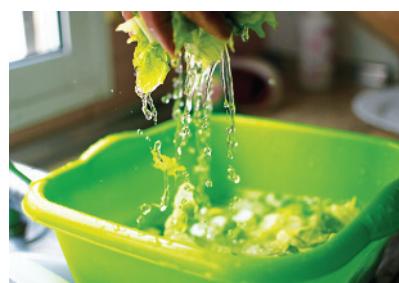


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 6 Diagrama de distribuição porcentual das espécies HOCl (ácido hipocloroso) e OCl^- (ânion hipoclorito) em função do pH do meio aquoso. O HOCl apresenta $pK_a = 7,4$, a 25°C . Quando o pH do meio é igual a esse valor, tem-se igualdade das concentrações das formas molecular (HOCl) e ionizada (OCl^-). Essas duas formas são **incolores** (a cor usada nas curvas é estritamente destinada à diferenciação entre elas).

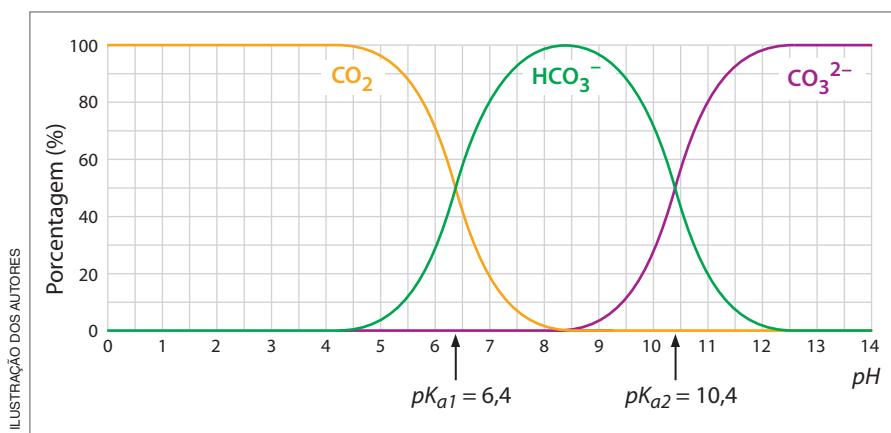
Fonte consultada: BUCHEL, K. H. et al. *Industrial Inorganic Chemistry*. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2000.

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



DAVID MORENO HERNANDEZ/SHUTTERSTOCK

Figura 7 A recomendação do Ministério da Saúde para a higienização caseira de verduras (como as folhas de alface da foto) e frutas é que, após boa lavagem individual em água limpa, sejam deixadas de molho por 15 minutos em solução aquosa preparada com 1 colher (de sopa) de solução de hipoclorito para uso em alimentos (veja o rótulo) em 1 litro de água limpa. Após esse período, os alimentos devem ser enxaguados em água potável.



Os cruzamentos das curvas ocorrem em valores de pH iguais aos valores de $\text{p}K_{a1}$ e $\text{p}K_{a2}$. Isso pode ser demonstrado de modo similar ao que empregamos no Item 2. Se $\text{pH} = \text{p}K_{a1}$, tem-se $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-\text{p}K_{a1}} = K_{a1}$. Então:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \Rightarrow \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = \frac{K_{a1}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \Rightarrow [\text{CO}_2] = [\text{HCO}_3^-]$$

Analogamente, se $\text{pH} = \text{p}K_{a2}$, tem-se $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-\text{p}K_{a2}} = K_{a2}$ e:

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} \Rightarrow \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{K_{a2}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \Rightarrow [\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_3^{2-}]$$

O diagrama mostra que:

- abaixo de $\text{pH} = 6,4$, predomina $\text{CO}_2(\text{aq})$;
- entre $\text{pH} = 6,4$ e $\text{pH} = 10,4$, predomina bicarbonato (HCO_3^-);
- acima de $\text{pH} = 10,4$, predomina carbonato (CO_3^{2-}).

Assim, podemos explicar a razão de se observar efervescência quando se adiciona um ácido (como HCl , HNO_3 ou H_2SO_4) a uma solução aquosa de um carbonato solúvel (como Na_2CO_3 ou K_2CO_3) que esteja em frasco aberto (Fig. 9). A adição de ácido reduz o pH do meio. Em valores abaixo de $\text{pH} = 4$, passa a haver predomínio absoluto de $\text{CO}_2(\text{aq})$ em relação às demais formas, HCO_3^- e CO_3^{2-} . A elevada concentração de $\text{CO}_2(\text{aq})$ desloca o equilíbrio de dissolução do dióxido de carbono,



no sentido de produzir $\text{CO}_2(\text{g})$, o que explica a formação de bolhas. Um raciocínio similar explica também a ocorrência de efervescência quando se adiciona um ácido a uma solução de um bicarbonato solúvel (como NaHCO_3 ou KHCO_3).

Razão entre $[\text{HCO}_3^-]$ e $[\text{CO}_2]$ em amostra de plasma sanguíneo

Consideremos, agora, outra situação relevante, que é a presença de $\text{CO}_2(\text{aq})$ e HCO_3^- (aq) no plasma sanguíneo (parte aquosa do sangue). Imagine que no laboratório de análises clínicas de um hospital haja uma amostra de sangue coletado cujo pH , medido a 25°C , resultou o valor 7,4. Que espécie predomina na parte aquosa dessa amostra: $\text{CO}_2(\text{aq})$, HCO_3^- (aq) ou CO_3^{2-} (aq)?

O diagrama da Figura 8 possibilita concluir que há predomínio de HCO_3^- (aq) em relação a CO_2 (aq) e que a concentração de CO_3^{2-} (aq) é desprezível nessa amostra. E qual é a relação entre as concentrações de HCO_3^- (aq) e CO_2 (aq)?

A razão pode ser calculada a partir da expressão matemática de K_{a1} . Considerando que $K_{a1} = 10^{-6,4}$ e que, em $\text{pH} = 7,4$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,4}$ mol/L, temos:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \Rightarrow \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = \frac{K_{a1}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-6,4}}{10^{-7,4}} = 10$$

Portanto, nessas circunstâncias, a concentração (em mol/L) de HCO_3^- (aq) equivale a 10 vezes a concentração (em mol/L) de CO_2 (aq).

Figura 8 Diagrama de distribuição porcentual das espécies químicas decorrentes da dissolução de CO_2 em água em função do pH do meio aquoso, a 25°C . Quando o pH é igual a $\text{p}K_{a1} = 6,4$, tem-se $[\text{CO}_2] = [\text{HCO}_3^-]$. Quando o pH é igual a $\text{p}K_{a2} = 10,4$, tem-se $[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_3^{2-}]$. Essas três espécies químicas são **incolores**, e a cor das curvas é estritamente destinada à diferenciação entre elas.

Fontes consultadas: ATKINS, P. W. et al. *Chemical principles, the quest for insight*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2013; HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.



Figura 9 Liberação de bolhas de dióxido de carbono gasoso observada imediatamente após adicionar solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,01 mol/L a solução aquosa de carbonato de sódio (Na_2CO_3) 0,01 mol/L.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Revise as resoluções das atividades 6 e 7 da seção *Aplicando conhecimentos* do Capítulo 6 e relacione-as à explicação dada nesta página para a efervescência que ocorre ao adicionar ácido a uma solução aquosa de um sal do tipo carbonato ou bicarbonato. Você percebe a relação entre a análise por deslocamento de equilíbrio, feita ao realizar aquelas atividades, e a análise estabelecida por meio do diagrama da Figura 8 desta página? Registre suas conclusões no caderno.

4. 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 **solução tamponada**, aquela cujo pH se altera pouco devido à introdução de pequena quantidade de ácido ou de base.

No caso da solução-tampão citada como exemplo ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{NaCH}_3\text{COO}$), 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. 10.A). Isso impede um drástico aumento da $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 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. 10.B). Isso evita o aumento acentuado da $[\text{OH}^-]$ e previne, portanto, drástica elevação de pH .

Assim, quer se adicione um pouco de ácido ou de base à solução-tampão mencionada ($\text{CH}_3\text{COOH}/\text{NaCH}_3\text{COO}$), ocorrem processos que impedem bruscas variações de pH .

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. Nossa 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 $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ e $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ (Fig. 11).

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.

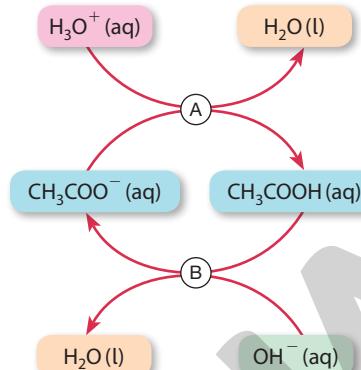


Figura 10 Esquematização da atuação de ânions acetato (CH_3COO^-) e de ácido acético molecular (CH_3COOH) na atenuação de variações de pH quando se adiciona ácido (A) ou base (B) à solução-tampão constituída por eles. Se um pouco de ácido é adicionado à solução, ânions acetato reagem com íons H_3O^+ (A), neutralizando-os. Se um pouco de base é adicionado à solução, moléculas de ácido acético reagem com íons OH^- (B), neutralizando-os. Nas duas situações, os processos descritos contribuem para evitar acentuadas variações do pH da solução-tampão.

Fonte consultada: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 7. ed. Nova York: Freeman, 2017.



Figura 11 Existem espécies químicas dissolvidas na parte aquosa do sangue que atuam na minimização de variações de pH no plasma sanguíneo. Na foto, cartaz do Ministério da Saúde de 2020 incentivando a doação regular de sangue.

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

- 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?
- 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?
- Em uma solução aquosa com concentração de 0,05 mol/L, a 25 °C, o ácido pentanoico (C_4H_9COOH) está 2,0% ionizado.

$$C_4H_9COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + C_4H_9COO^-(aq)$$
 - Determine o pH dessa solução, explicando o raciocínio que utilizou.
 - Empregue as informações apresentadas para determinar o valor numérico de K_a para esse monoácido, a 25 °C.
- O fármaco de nome genérico amiodarona pode ser empregado, sob indicação de cardiologistas, na regularização de sintomas de arritmia cardíaca. Em experimentos laboratoriais, descobriu-se que essa substância (de fórmula molecular $C_{25}H_{29}I_2NO_3$), em solução aquosa, atua como um monoácido fraco, com valor numérico de K_a igual a $1,0 \cdot 10^{-7}$. Qual é o pH, a 25 °C, de uma solução aquosa de amiodarona de concentração:
 - 0,10 mol/L
 - 0,010 mol/L
Explique como realizou a determinação.
- Ainda sobre as duas soluções aquosas mencionadas na atividade anterior, responda às seguintes perguntas.
 - Em qual delas o ácido apresenta maior grau de ionização (α)?
 - É possível determinar o valor de α em cada uma das duas soluções? Em caso afirmativo, realize a determinação. Em caso negativo, justifique que dados faltam para a determinação.
- O suco que pode ser extraído do repolho-roxo por fervura com um pouco de água é denominado extrato de repolho-roxo. Ele é uma solução aquosa de diversos indicadores ácido-base, com diferentes cores e faixas de viragem, o que faz com que o extrato adquira diferentes cores em função do pH, conforme mostrado no esquema abaixo:



Fonte consultada: SHAKHASHIRI, B. Z. Chemical demonstrations; a handbook for teachers of Chemistry. Madison: The University of Wisconsin Press, 1989.

Responda e apresente argumentos que sustentem sua escolha: o extrato de repolho-roxo pode ser usado para diferenciar duas soluções com valores de pH:

- 2 e 10?
- 4 e 6?
- 12 e 14?

- 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:
 - 3 e 11;
 - 6 e 8;
 - 11 e 12.
- O indicador ácido-base azul de bromotimol é amarelo em pH < 6 e azul em pH > 7,6. Na faixa de viragem, sua cor varia gradualmente de amarelo a azul, passando por várias tonalidades de verde. Preveja (e justifique a previsão sobre) qual será a cor desse indicador em uma solução (a 25 °C):
 - 0,010 mol/L de HCl;
 - 0,010 mol/L de NaOH;
 - 0,050 mol/L de CH_3COOH , 2,0% ionizado;
 - em que $[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-5}$ mol/L;
 - em que $[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-9}$ mol/L.
- Uma piscina adequadamente tratada apresenta pH = 7,5. Como parte do tratamento, adicionam-se substâncias que propiciam o estabelecimento, no meio aquoso, entre outros, dos seguintes equilíbrios químicos:

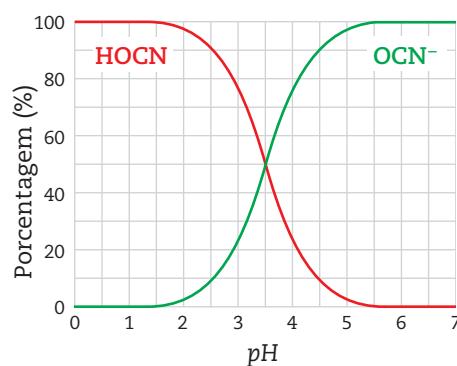
$$HOCl(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OCl^-(aq)$$

$$CO_2(aq) + 2H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

Consulte neste capítulo as informações necessárias para prever qual das seguintes espécies químicas tem maior concentração, em mol/L, nessa piscina adequadamente tratada:

 - $HOCl(aq)$ ou $OCl^-(aq)$?
 - $CO_2(aq)$ ou $HCO_3^-(aq)$?

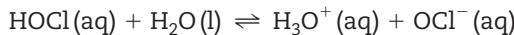
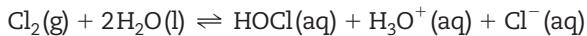
Em cada um dos casos, explique em que se fundamenta sua previsão.
- O gráfico a seguir mostra a distribuição porcentual, a 25 °C, do ácido ciânico não ionizado ($HOCN$) e do ânion cianato (OCN^-) em função do pH do meio aquoso em que se encontram dissolvidos.
 - Equacione a ionização do ácido ciânico e escreva a expressão matemática da constante de dissociação ácida, K_a , desse composto.
 - Determine o valor do pK_a do $HOCN$, a 25°C, justificando como chegou a esse valor.



Fonte consultada:
HAYNES, W. M. (ed.). CRC handbook of Chemistry and Physics. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.



- 1.** (Enem) Uma das etapas do tratamento de água é a desinfecção, sendo a cloração o método mais empregado. Esse método consiste na dissolução do gás cloro numa solução sob pressão e sua aplicação na água a ser desinfectada. As equações das reações químicas envolvidas são:



$$pK_a = -\log K_a = 7,53$$

A ação desinfectante é controlada pelo ácido hipocloroso, que possui um potencial de desinfecção cerca de 80 vezes superior ao anion hipoclorito. O pH do meio é importante, porque influencia na extensão com que o ácido hipocloroso se ioniza.

Para que a desinfecção seja mais efetiva, o pH da água a ser tratada deve estar mais próximo de

- a) 0 b) 5 c) 7 d) 9 e) 14

- 2.** (Unifor-CE) Considere a seguinte tabela:

2. 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. d) está entre 6,0 e 7,0.
 b) está entre 3,3 e 4,2. e) é igual a 7,0.
 c) está entre 4,6 e 6,0.

- 3.** (UCS-RS) O ácido fenilacético ($\text{HC}_8\text{H}_7\text{O}_2$; monoácido) é uma das substâncias que se acumulam no sangue das pessoas com fenilcetonúria, um distúrbio de origem genética que pode causar o retardamento mental ou até a morte. Supondo-se que, em determinada situação, a concentração de ácido fenilacético seja de 0,08 mol/L, o pH da solução será de:

Dados: $K_a = 5 \cdot 10^{-5}$ mol/L; $\log 2 = 0,30$

- a) 3,60. b) 2,70. c) 1,70. d) 5,30. e) 4,00.

- 4.** (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.

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

- 5.** (UFMG) Considere duas soluções aquosas diluídas, I e II, ambas de $pH = 5,0$.

A solução I é um tampão e a solução II não.

Um bêquer contém 100 mL da solução I e um segundo bêquer 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.

- 6.** (Unifor-CE) Ácido láctico, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$, e lactato de sódio, $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$, formam, em água, uma solução-tampão.

Tal solução contendo 0,12 mol/L do ácido e 0,10 mol/L do lactato tem, a 25 °C, pH bem definido. Para calcular seu valor utilizou-se o valor da constante de equilíbrio, a 25 °C, de

ácido láctico (aq) + $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{lactato}^-(\text{aq})$ ou seja, $K_a = 1,4 \cdot 10^{-4}$ mol/L.

Considerando-se que a constante de equilíbrio é muito pequena, ou seja, forma-se quantidade desprezível de lactato proveniente do ácido, pode-se calcular o pH da solução. Seu valor encontra-se no intervalo:

- a) 1 a 3. c) 4 a 5. e) 7 a 9.
 b) 3 a 4. d) 5 a 6.

CAPÍTULO

8

ONDAS E ENERGIA



TONY STOCK/SHUTTERSTOCK

Antenas de comunicação de telefones celulares.

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

Vivemos em um mundo quase totalmente conectado. Hoje, fatos que ocorrem em diferentes pontos do planeta podem ser rapidamente conhecidos por meio de um simples aparelho de telefonia celular. Boa parte dessa tecnologia fundamenta-se na propagação de ondas eletromagnéticas, assunto que será estudado neste capítulo.

O aparelho de telefonia celular, por exemplo, funciona por meio de ondas de rádio na faixa das ondas curtas, que são transmitidas a uma central que identifica o número chamado e encaminha a ligação ou a mensagem a outro usuário. À medida que esses usuários se deslocam, esse sinal é passado entre antenas de transmissão, conhecidas como células, possibilitando uma comunicação ininterrupta, dependendo somente da qualidade do sinal e da cobertura geográfica da operadora.

As telecomunicações e a imensa quantidade de informações mudaram nosso mundo e são, atualmente, alvo de intensos debates sobre como isso pode afetar nossa vida, nossa privacidade, nossos estudos, a política, a saúde e a sociedade como um todo.

✓ 1. Introdução

A aplicação e as implicações dos fenômenos ondulatórios estão presentes em diversos ramos da Física, como a Mecânica Clássica, o Eletromagnetismo e a Física Quântica.

O estudo das ondas, em seus diversos aspectos, teve início alguns séculos antes de Cristo com o estudo matemático das notas musicais e das vibrações nas cordas tracionadas dos instrumentos musicais. Vários cientistas se dedicaram ao estudo das ondas e de sua propagação, como Jean-Baptiste Fourier (1760-1830), e suas séries harmônicas, e James C. Maxwell (1831-1879), que, com seus estudos teóricos, previu a existência das ondas eletromagnéticas.

O conceito de energia, em suas mais diversas formas, incluindo massa como forma de energia, ocupa um lugar de destaque nas teorias físicas, principalmente pelo fato de a energia se conservar quando convertida de uma forma em outra. A propagação ondulatória envolve transmissão de energia.

Neste capítulo, vamos estudar os fundamentos da propagação das ondas e a energia transportada durante a propagação de uma perturbação ondulatória.

De olho na BNCC:

- EM13CNT308
- EM13CNT310
- EM13CHS202
- EM13LGG303
- EM13MAT306

2. Conceito de onda

Entre os fenômenos físicos que nos rodeiam se destacam os movimentos e as ondas. Em praticamente qualquer situação, por mais simples que seja, estamos experimentando algum tipo de movimento e recebendo ou emitindo algum tipo de onda. Acionar o interruptor para acender uma lâmpada é uma forma de gerar ondas luminosas. O ruído dos automóveis na rua é uma forma de constatarmos a propagação de ondas sonoras.

Assim como objetos em movimento transportam e transferem energia, o movimento ondulatório também é uma forma de transferência de energia. No entanto, as ondas transferem energia sem transporte de matéria.

Percebemos que as ondas transportam energia quando estamos próximos de uma fonte sonora que emite sons de grande intensidade. De fato, podemos sentir as vibrações transmitidas por essas ondas por meio dos nossos tímpanos. Observamos também a energia das ondas quando vemos um barco ancorado oscilar ao ser atingido por sucessivas ondas que se propagam na superfície da água.

3. Ondas e energia

Gotas de água, quando caem em uma superfície líquida em repouso, geram perturbações que se propagam por essa superfície, atingindo outros pontos (Fig. 1).

Essas perturbações se propagam pela superfície em todas as direções, e os pontos atingidos passam a oscilar em torno de uma posição de equilíbrio. Portanto, a onda transfere energia para as partículas da superfície da água. Se houver um corpo flutuando nessa superfície, uma boia de pesca, por exemplo, ao ser atingido pela perturbação, ele se deslocará durante determinado intervalo de tempo em torno da sua posição de equilíbrio (Fig. 2).

Quando uma única perturbação é gerada damos a ela o nome de **pulso de onda**. Um conjunto de perturbações sucessivas que se propagam transportando energia é chamado de **trem de ondas** ou **pacote de ondas**. O espaço pelo qual a energia se propaga é denominado **meio de propagação**. O meio de propagação pode ser algum tipo de matéria ou mesmo o vácuo. Mas o que oscila no vácuo? Mais adiante, vamos responder a essa pergunta.

Sobre as ondas, podemos afirmar que:

Onda, ou pulso de onda, é qualquer perturbação que se propaga através de um meio, transmitindo energia aos pontos desse meio durante a propagação, **sem transportar matéria**.

Vamos examinar como isso ocorre considerando um exemplo bem comum. Uma corda, com uma das extremidades presa a uma parede, é mantida esticada por uma pessoa (Fig. 3).

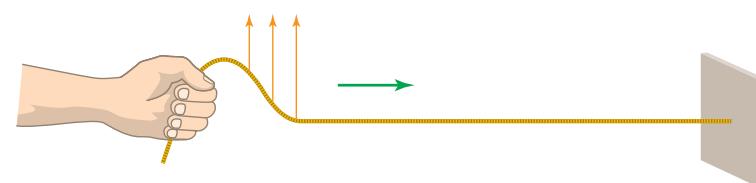


Figura 3 Ao movimentar verticalmente a mão, a pessoa transfere energia aos pontos da corda.

Dialogando com o texto

Na abertura do capítulo, tratamos da quantidade enorme de informações que recebemos, sejam elas vindas por meio de mensagens ou pelas redes sociais.

No entanto, nem todas as informações que recebemos são verdadeiras. Muitas delas são *fake news*, ou seja, são falsas, e, muitas vezes, foram criadas apenas para confundir ou manipular a opinião das pessoas.

Atualmente existem canais *on-line* que fazem a checagem de boatos e de notícias falsas. Você conhece algum desses canais?

Pesquise alguns desses canais de checagem e veja se você já foi vítima desse tipo de notícia. converse com seus familiares e com seus amigos sobre essas ferramentas e discutam por que devemos checar uma mensagem ou notícia antes de compartilhá-las.



Figura 1 Perturbações na superfície da água causadas pela queda de uma gota.



Figura 2 Boia de pesca oscilando na superfície da água ao ser atingida pelas perturbações causadas pelas vibrações da linha da vara de pesca.

Em seguida, a pessoa faz um rápido movimento de vaivém vertical, gerando um pulso que se propaga pela corda. É importante destacar o fato de que cada ponto da corda repete, com certo atraso, o movimento da mão. Em outras palavras, cada ponto da corda realiza apenas o movimento oscilatório vertical, retornando à posição inicial. O que se desloca pela corda é a energia transmitida pela mão aos pontos da corda. Não há transporte de matéria. (Fig. 4).

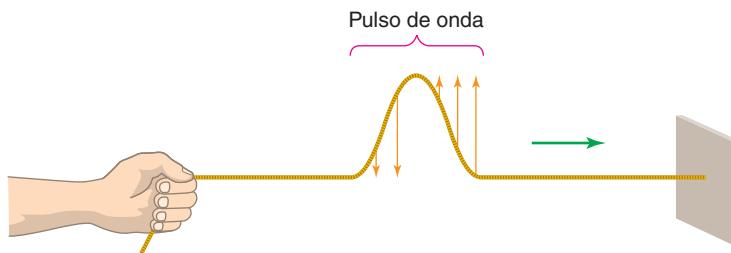


Figura 4 O pulso de onda propaga-se ao longo da corda. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Os pontos da corda que estão deslocados da posição de equilíbrio têm, num dado instante, energia cinética e energia potencial elástica, que, a princípio, foram fornecidas pela fonte que gerou o pulso de onda, isto é, a mão da pessoa que movimenta a extremidade da corda. O agente físico responsável pela transmissão dessa energia aos pontos da corda foi o pulso de onda. A corda é o meio pelo qual a energia foi transmitida.

Esse fenômeno é semelhante ao que ocorre quando golpeamos uma das extremidades de uma barra de ferro e percebemos, na outra extremidade, a vibração provocada pelo golpe. A energia de vibração é transferida de um ponto para outro ao longo da barra, sem que haja transporte de matéria (Fig. 5).

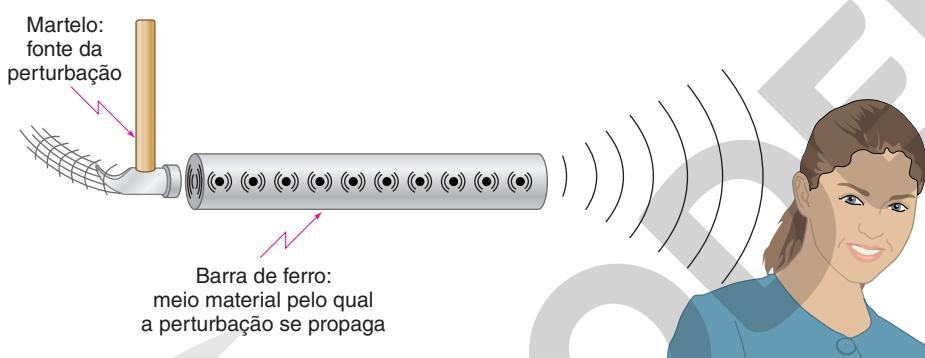


Figura 5 A energia de vibração é transmitida ao longo da barra pela oscilação longitudinal das partículas da barra (átomos). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Ondas que se propagam na superfície dos líquidos, ondas sonoras e ondas luminosas transportam energia de maneira similar às ondas em uma corda.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

- Ao observar um surfista em uma onda, temos a nítida impressão de que ele é levado pela onda até o local de arrebentação, próximo da areia da praia.
Essa impressão:
 - é correta, pois as ondas transportam matéria e transmitem energia.
 - é falsa, pois o surfista chega à orla da praia por causa de seu impulso inicial.
 - é falsa, pois o surfista é levado até a areia pelo vento que sopra no sentido do mar para a terra.
 - é falsa, pois o surfista apenas usa a superfície da água como rampa, movendo-se pela ação da gravidade.
 - é correta, pois o surfista tem velocidade de deslocamento igual à velocidade de propagação da onda.
- Bia e Gabi, duas amiguinhas inseparáveis, fazem um telefone de brinquedo com um barbante bem esticado e duas latas, cada uma presa pelo fundo a uma das extremidades do barbante. Descreva como é possível a comunicação entre as crianças.

4. Classificação das ondas quanto à sua natureza

As ondas podem ser classificadas em duas grandes categorias: **ondas mecânicas** e **ondas eletromagnéticas**, como veremos a seguir.

Ondas mecânicas

Para se propagar, as ondas mecânicas necessitam de um meio material elástico, que pode ser sólido, líquido ou gasoso. Portanto, as ondas mecânicas não podem se propagar no vácuo.

Quando perturbamos o equilíbrio dos pontos em uma região de determinado meio, afastando esses pontos da posição de equilíbrio, oscilações são geradas e transmitidas ponto a ponto através desse meio, fazendo com que outros pontos também oscilem.

São exemplos de ondas mecânicas:

- **ondas em cordas**: são as ondas produzidas pela percussão das cordas de um violão, de um violino ou de um piano;
- **ondas na superfície de um líquido**: são produzidas pela queda de algum objeto sobre a água de um lago ou pelo vento que gera ondas na superfície da água em uma represa, um lago, um rio ou em alto-mar;
- **ondas de pressão em um gás**: são provocadas por algum movimento vibratório que, ao atingir nossos tímpanos, é interpretado como som. Os sons são estudados pelo ramo da Física conhecido como Acústica.

Ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas **não necessitam** de um meio material para se propagar e, portanto, podem se propagar no vácuo. Essas ondas são campos elétricos e magnéticos variáveis com o tempo que viajam pelo espaço transportando energia. A figura 6 mostra o modelo usado para representar a propagação de uma onda eletromagnética gerada pela oscilação de duas cargas elétricas, uma positiva, $+q$, e outra negativa, $-q$ (dipolo elétrico oscilante).

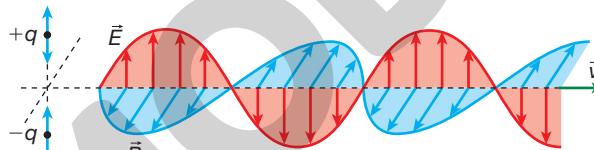


Figura 6 Modelo de propagação de uma onda eletromagnética.

Os vetores em vermelho representam a variação da intensidade do campo elétrico \vec{E} . Os vetores em azul representam a variação da intensidade do campo magnético \vec{B} . O vetor \vec{v} representa a direção e o sentido de propagação dessa onda. Esses três vetores são triortogonais entre si.

São exemplos de ondas eletromagnéticas:

- a **luz**: que é estudada pelo ramo da Física denominado Óptica;
- as **ondas de rádio**: nome genérico dado às ondas empregadas em telecomunicações;
- as **micro-ondas**: utilizadas em telefonia e em certos aparelhos domésticos;
- a radiação **infravermelha**: também conhecida como radiação térmica;
- a radiação **ultravioleta**: a que mais atinge a superfície terrestre. Apesar de benéfica aos seres vivos, pode ser danosa, dependendo do tempo de exposição;
- os **raios X**: utilizados, por exemplo, na Medicina em diagnósticos por imagem;
- os **raios gama** (γ): radiações de altíssima energia, em geral produzidas pela desintegração de núcleos atômicos. São as radiações eletromagnéticas mais energéticas que conhecemos.

A figura 7 mostra os comprimentos de onda e as frequências das várias radiações que compõem o espectro eletromagnético.

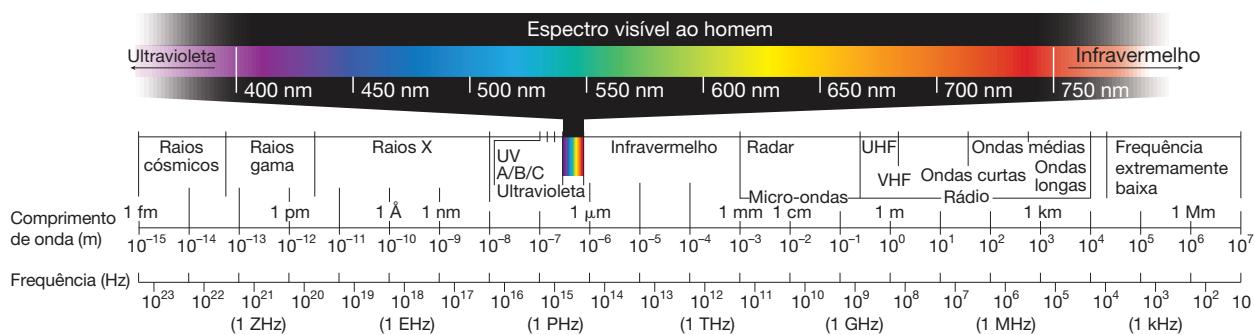


Figura 7 Espectro eletromagnético.

5. Classificação das ondas quanto aos modos de vibração

Ondas transversais

São aquelas em que os pontos do meio de propagação oscilam perpendicularmente à direção de propagação da onda. Ondas em cordas tensas, ondas em molas e todas as ondas eletromagnéticas são ondas transversais (Fig. 8).

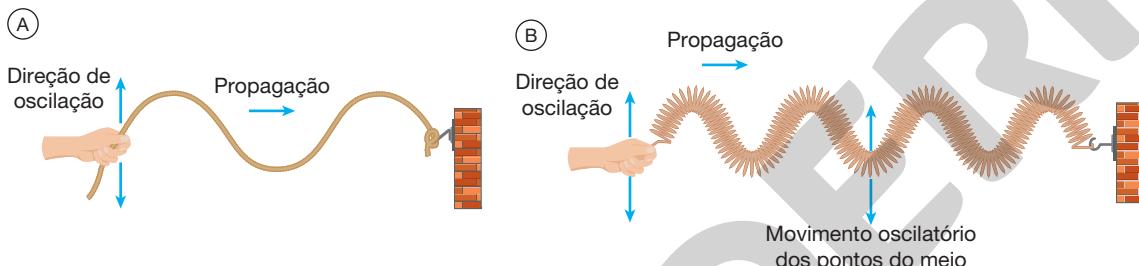


Figura 8 Modelos de ondas transversais. (A) Onda transversal em uma corda; (B) onda transversal em uma mola helicoidal. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Ondas longitudinais

São aquelas em que os pontos do meio de propagação oscilam paralelamente à direção de propagação da onda. As ondas sonoras no ar e as ondas de compressão e distensão em uma mola helicoidal são longitudinais (Fig. 9).

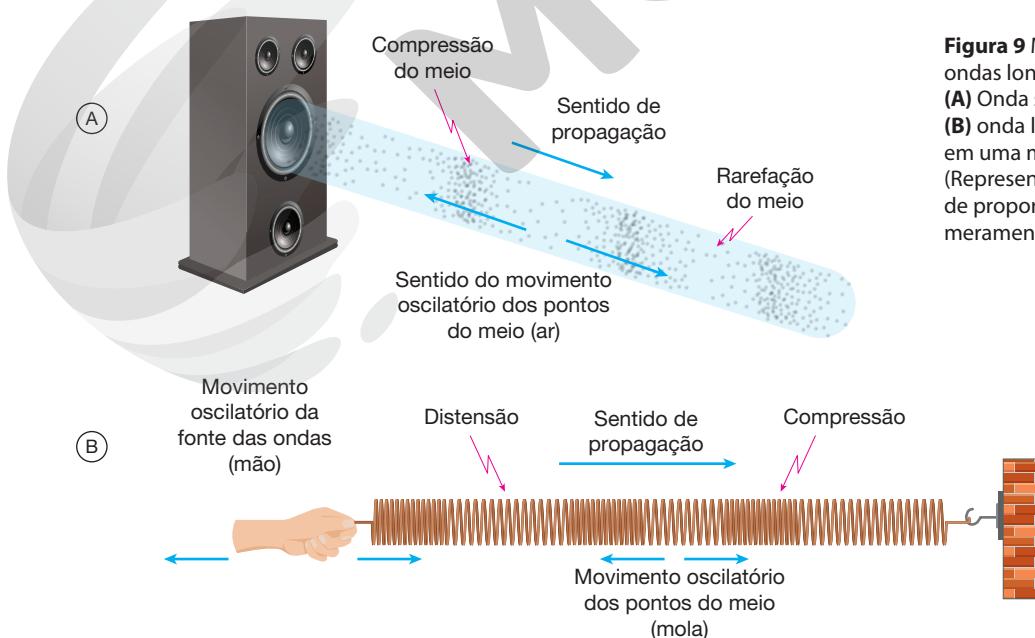


Figura 9 Modelos de ondas longitudinais. (A) Onda sonora no ar; (B) onda longitudinal em uma mola helicoidal. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Ondas mistas

Como o nome diz, são ondas que produzem simultaneamente oscilações transversais e longitudinais nos pontos do meio de propagação. Ondas que se propagam na superfície de águas profundas são mistas (Fig. 10).

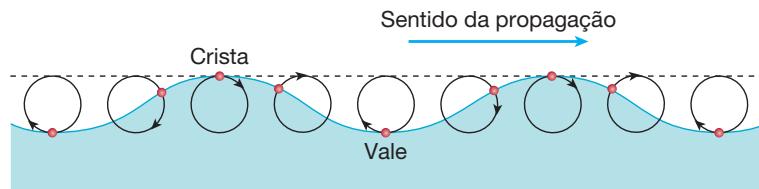


Figura 10 Ondas mistas na superfície de águas profundas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

6. Características físicas de uma onda

Uma determinada porção de matéria pode ser caracterizada pela sua massa, pelo seu volume ou por outra propriedade física ou química. Entretanto, o estudo de uma onda exige um conjunto de variáveis específicas do movimento ondulatório. Vamos analisar um trem de ondas periódicas gerado em uma corda esticada.

A figura 11A representa esquematicamente o aspecto da corda após algumas oscilações verticais da mão de uma pessoa.

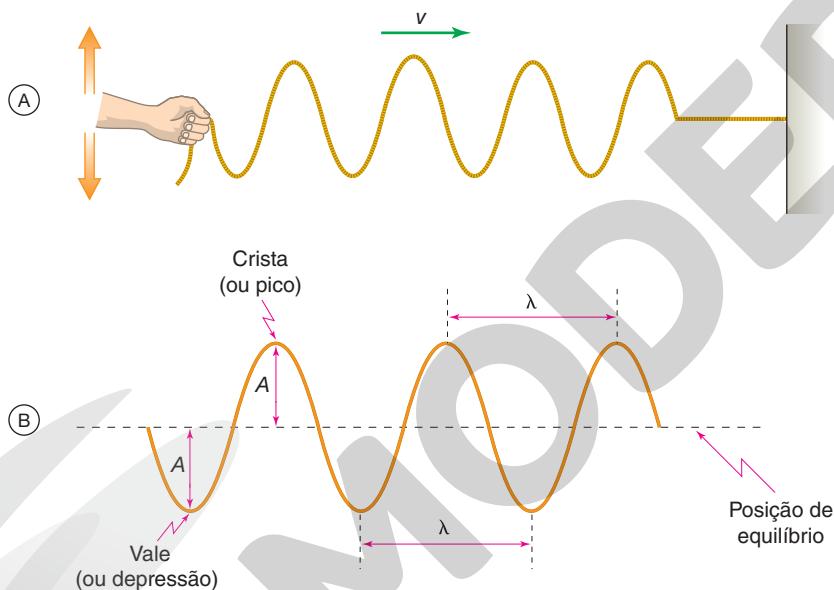


Figura 11 (A) A pessoa movimenta a mão gerando pulsos sucessivos, que se propagam com velocidade v ; **(B)** amplitude (A) e comprimento de onda (λ) do trem de ondas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

O máximo de afastamento dos pontos da corda em relação à sua posição de equilíbrio é a **amplitude** (A) da onda (Fig. 11B). A quantidade de energia transportada por uma onda é diretamente proporcional ao quadrado da sua amplitude. Os pontos mais afastados, acima da posição de equilíbrio, recebem o nome de **crista** (ou **pico**), e os pontos mais baixos recebem o nome de **vale** (ou **depressão**).

A distância entre duas cristas ou dois vales adjacentes chama-se **comprimento de onda** (λ) (Fig. 11B). Essa é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa da fonte das ondas. O intervalo de tempo decorrido durante uma oscilação completa é denominado **período da onda** (T). Mantendo-se constantes as condições físicas do meio de propagação da onda, a velocidade de propagação v da onda será constante nesse meio. Assim, podemos escrever:

$$\lambda = v \cdot T$$

Outra grandeza fundamental no estudo das ondas é a **frequência** (f), definida como a razão entre o número n de ondas completas que passam por um dado ponto do meio e o intervalo de tempo Δt decorrido durante a passagem dessas ondas. Algebricamente, temos:

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

O número n também é o número de oscilações completas da fonte de ondas no intervalo de tempo Δt . Portanto, a frequência das ondas é igual à frequência da fonte. Se considerarmos apenas uma oscilação completa, teremos $n = 1$ e $\Delta t = T$, que é o período da onda; então, podemos escrever:

$$f = \frac{1}{T}$$

Portanto, a frequência de uma onda é o inverso do seu período.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida do período é o segundo (**s**) e a da frequência é **s⁻¹**, denominada **hertz (Hz)**. Também podemos encontrar as nomenclaturas ciclos por segundo (cps) e oscilações por segundo, atualmente pouco usadas.

Como $f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f}$, temos $\lambda = v \cdot T \Rightarrow \lambda = v \cdot \frac{1}{f}$, ou:

$$v = \lambda \cdot f$$

A equação acima é denominada **equação fundamental da propagação ondulatória**.

No exemplo a seguir, vamos aplicar essa equação.

Uma haste, em contato com a superfície da água contida em um tanque, oscila periodicamente. As cristas do trem de ondas que se propaga na água desse tanque, representadas por linhas brancas circulares, distam uma da outra 24 cm. A velocidade de propagação dessa onda é de 6,0 m/s.

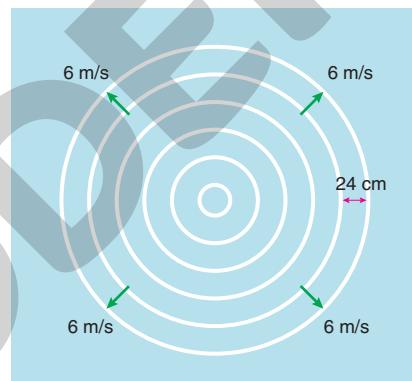
- a) Qual é a frequência de oscilação da haste?
- b) Se aumentarmos apenas a amplitude de oscilação da haste, o que ocorrerá com a frequência, o comprimento de onda e a velocidade de propagação da onda?

Resolução:

- a) São dados: $\lambda = 24 \text{ cm} = 24 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ e $v = 6 \text{ m/s}$

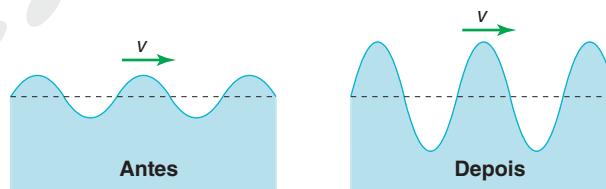
Da equação fundamental da propagação ondulatória, temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 6 = 24 \cdot 10^{-2} \cdot f \Rightarrow f = \frac{6}{24 \cdot 10^{-2}} \\ \therefore f = 25 \text{ Hz}$$



- b) A frequência da onda não se altera, pois a haste continua a realizar 25 oscilações por segundo ($f = 25 \text{ Hz}$), mesmo com a alteração da amplitude. A velocidade de propagação da onda também permanece a mesma, pois as condições físicas do meio de propagação não sofreram alterações.

Como v e f permanecem constantes, podemos concluir que o comprimento de onda λ também não se altera. Ao aumentar a amplitude das oscilações, a haste gera pulsos com mais energia; portanto, com maior amplitude. As figuras abaixo mostram trechos da onda antes e depois da alteração na amplitude de oscilação da haste.



No próximo exemplo, vamos determinar o comprimento de onda e outras características de uma onda em uma corda, a partir de sua configuração em dado instante.

A figura a seguir mostra um trecho de uma onda que se propaga em uma corda esticada. A fonte que gera a onda opera com frequência de 30 Hz.

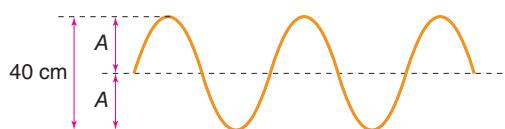


Determine:

- a amplitude da onda;
- b) o comprimento de onda;
- c) a velocidade de propagação da onda na corda.

Resolução:

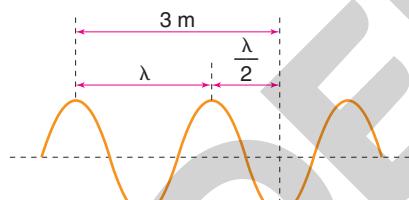
a) De acordo com a figura, temos:



Assim:

$$2 \cdot A = 40 \text{ cm} \Rightarrow A = 20 \text{ cm}$$

b) O comprimento de onda também pode ser obtido a partir da figura.



Assim:

$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 3 \Rightarrow \frac{3\lambda}{2} = 3 \therefore \lambda = 2 \text{ m}$$

c) A velocidade de propagação da onda na corda pode ser obtida por meio da equação fundamental da propagação ondulatória. Temos $\lambda = 2 \text{ m}$ e $f = 30 \text{ Hz}$, então:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 2 \cdot 30 \therefore v = 60 \text{ m/s}$$

Portanto, a velocidade de propagação da onda é igual a 60 m/s.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

- Responda às questões a seguir.
 - Qual é a relação entre a frequência f e a amplitude A de uma onda?
 - Como se chama a distância percorrida por uma perturbação durante uma oscilação completa da fonte?
 - Qual das características da onda vai variar se a fonte oscilar com mais energia, porém com a mesma frequência?
- Água é vida! Devemos evitar ao máximo o desperdício de água. De uma torneira mal fechada escorrem 60 gotas por minuto. Determine:
 - o intervalo de tempo entre duas gotas sucessivas que caem da torneira e como se chama esse intervalo de tempo;
- Uma corda tracionada executa 240 oscilações por minuto, quando perturbada. Cada pulso da onda nela gerado percorre 240 cm a cada segundo. Determine para a onda nessa corda:
 - a frequência f , em Hz;
 - o intervalo de tempo Δt , em segundo, para uma oscilação completa;
 - o comprimento de onda λ .

7. Velocidade da propagação de uma onda

Para uma onda que se propaga ao longo de uma corda tensa, a velocidade de propagação é obtida por meio da expressão:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Na equação acima, F é a intensidade da força que traciona a corda e μ , a densidade linear da massa da corda, definida como a razão entre a massa m da corda e seu comprimento L , isto é, $\mu = \frac{m}{L}$.

Para as ondas que se propagam na superfície da água, a velocidade de propagação é dada por:

$$v = \sqrt{g \cdot h}$$

em que g é o módulo da aceleração gravitacional e h a profundidade da água no local.

A velocidade de propagação de uma **onda sonora** em um gás ideal é dada por:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{R \cdot T}{M}}$$

Sendo M a massa molar do gás, R a constante universal dos gases perfeitos, T a temperatura absoluta do gás e γ uma constante característica do gás.

Para uma **onda eletromagnética**, Maxwell demonstrou que a velocidade de propagação é dada por:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$

em que ϵ e μ são, respectivamente, a permissividade elétrica e a permeabilidade magnética do meio.

Para o vácuo, temos: $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$ (SI) e $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (SI). Assim:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \Rightarrow v = \frac{1}{\sqrt{8,8542 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}} \therefore v = 299.792.458 \text{ m/s}$$

Esse é o valor atualmente adotado para a velocidade de propagação da luz e de todas as demais ondas eletromagnéticas no vácuo. Esse valor costuma ser aproximado para $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s.

Em outros meios, a velocidade de propagação da luz é dada por:

$$v = \frac{c}{n}$$

em que n é o índice de refração do meio.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

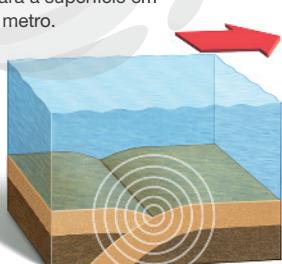
Registre as respostas em seu caderno.

Aplicando conhecimentos

6. (Enem) Em março de 2011, um tsunami de grande poder de destruição atingiu o Japão. Um tsunami é uma onda gigante que se forma no oceano. No caso do Japão, foi criado por choques entre placas tectônicas. As ondas geradas por um tsunami transportam grande quantidade de energia e começam a se propagar com elevados comprimentos de onda e pequenas amplitudes. Ao chegar à costa, onde a profundidade do oceano é pequena, a velocidade da onda diminui e a amplitude aumenta, pois a energia transportada praticamente se conserva.

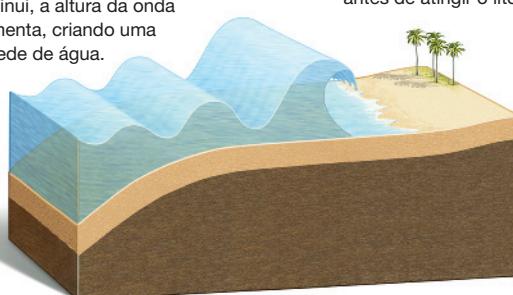
Tsunâmi – Formação das ondas gigantes

O tremor abaixo do fundo do mar desloca as águas do oceano, que sobem para a superfície em ondas de 0,5 metro.



Águas profundas: comprimento da onda chega a até 160 km, a uma velocidade de 800 km/h.

À medida que a profundidade diminui, a altura da onda aumenta, criando uma parede de água.



Águas rasas: velocidade da onda pode ser de até 48 km/h, com altura de 30 metros ou mais.

Ondas se acumulam antes de atingir o litoral.

Em um local com profundidade h , a velocidade da onda é dada por $v = \sqrt{g \cdot h}$, em que g é a aceleração da gravidade. A energia da onda é proporcional à velocidade v e ao quadrado da amplitude a : $E = k \cdot v \cdot a^2$

Considere que, do local onde a onda foi gerada até chegar à região costeira, a profundidade tenha ficado 2.500 vezes menor.

Ao atingir a região costeira:

- a) A velocidade de propagação da onda ficou multiplicada por 50.

- b) A velocidade de propagação da onda diminuiu 2.500 vezes.
c) A amplitude da onda aumentou aproximadamente 50 vezes.
d) A amplitude da onda aumentou aproximadamente 7 vezes.
e) A energia transportada pela onda aumentou.

7. Com relação ao exercício anterior, explique por que a altura da onda fica muito grande ao chegar à praia. Use argumentos sobre energia para embasar sua resposta.

8. Potência e intensidade na propagação de uma onda

A quantidade de energia emitida por uma fonte de ondas por uma unidade de tempo, como 1 segundo, 1 minuto etc., é denominada potência média ($P_{\text{média}}$) da fonte. Isto é:

$$P_{\text{média}} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

em que ΔE é a quantidade de energia emitida no intervalo de tempo Δt .

Para fontes de onda muito pequenas, como uma pequena lâmpada ou um pequeno alto-falante, as frentes de onda são tridimensionais e esféricas, isto é, a energia emitida pela fonte se distribui esfericamente pelo espaço à medida que a onda se propaga (Fig. 12).

A razão entre a potência da fonte e a área da superfície esférica que contém os pontos atingidos pela onda é definida como a **intensidade** da onda.

A intensidade da onda mede a concentração de energia da onda incidente sobre uma dada superfície. Assim:

$$I = \frac{P}{A}$$

No SI, a unidade da intensidade de uma onda é o watt por metro quadrado (W/m^2).

A área de uma superfície esférica de raio r é $4\pi r^2$. O raio da superfície esférica que contém os pontos atingidos pela onda é a distância d da fonte até esses pontos (Fig. 13). Portanto, para ondas esféricas, temos:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

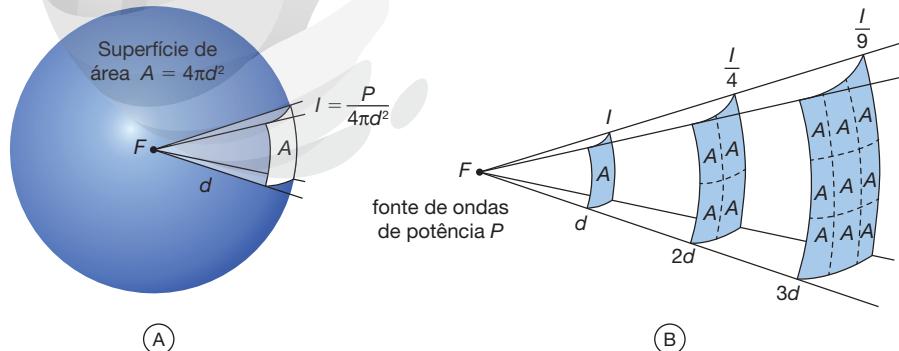


Figura 13 (A) Fonte de ondas esféricas F ; (B) propagação das frentes de ondas esféricas, lei do inverso do quadrado da distância.

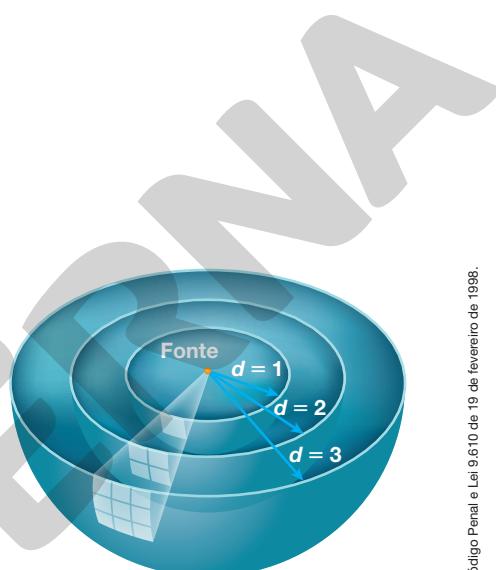


Figura 12 Frentes de ondas esféricas emitidas por uma fonte de ondas puntiforme. A energia emitida se distribui sobre uma superfície esférica cada vez maior à medida que a onda se propaga e sua intensidade vai diminuindo.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

A tecnologia 5G é conhecida como a quinta geração das redes móveis. Trata-se de um salto evolutivo em comparação com a rede que usamos atualmente, a 4G. Ela surgiu como uma forma de lidar com a quantidade enorme de informações trocadas diariamente.

Em grupos, pesquise e respondam às seguintes perguntas:

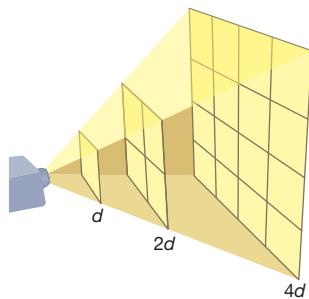
- a) Quanto ao desempenho, quais serão as novas possibilidades das redes 5G?
b) Quais dispositivos poderão usar essa nova tecnologia?
c) Como funciona a rede 5G? Em que ela se diferencia da 4G?

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

8. Um laser, desses usados em leitoras de códigos de barras, emite um feixe cilíndrico de 1,0 mm de diâmetro com potência de 1,2 mW. Adote $\pi = 3$ e responda às questões.
- a) Determine a intensidade luminosa desse feixe quando colocado bem próximo de uma superfície plana.
- b) Compare essa intensidade com a intensidade da radiação solar que atinge a superfície da Terra e é de 1.360 W/m^2 .
9. A figura abaixo mostra uma fonte pontual emitindo luz no vácuo.
- 9.c



ERICSON GUILHERME LUCIANO

As regiões quadriculadas são virtuais e não interferem na propagação da luz.

Julgue as afirmações a seguir sobre a situação mostrada e assinale a resposta correta.

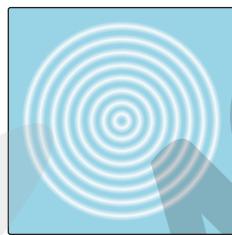
- I. A luz propaga-se em linha reta.
II. A luz está se propagando de acordo com a lei do inverso do quadrado da distância.
III. Se a quantidade de energia que incide sobre a região menor é E , sobre a região do meio, a quantidade de energia incidente será $\frac{1}{4}E$.
IV. A intensidade luminosa sobre a região maior é $\frac{1}{4}$ da intensidade luminosa sobre a região menor.
a) Todas estão corretas.
b) Todas estão erradas.
c) Estão corretas apenas I e II.
d) Estão corretas apenas II e III.
e) Estão corretas apenas I, III e IV.

Atividades finais

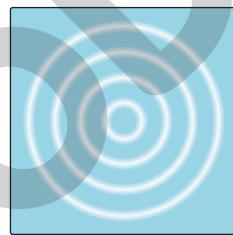
Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. As figuras abaixo mostram cristas de onda (linhas brancas) geradas pela colisão da ponta de uma pequena haste com a superfície da água de um tanque, em duas experiências sucessivas.



Experiência 1



Experiência 2

ADILSON SECCO

Observe as duas figuras, que foram geradas no mesmo intervalo de tempo, e responda:

- a) Por que na experiência 2 foram geradas menos cristas? Que alteração ocorreu da experiência 1 para a 2 no que diz respeito à fonte das ondas?
b) Qual é o valor da razão $\frac{f_1}{f_2}$ entre as frequências da fonte nas experiências 1 e 2?
c) Qual é a grandeza que certamente não se alterou de uma experiência para a outra?
- O enunciado a seguir refere-se às questões 2 e 3.

Beatriz brinca com uma potente lanterna que ganhou de seu avô. A 20 cm de uma parede vertical e com a lanterna perpendicular a ela, a menina ilumina uma região circular de diâmetro 30 cm, com intensidade I .

2. Se Beatriz se posicionar a 40 cm da parede, mantendo a lanterna perpendicular à superfície, 2.b a intensidade luminosa no novo círculo formado será:

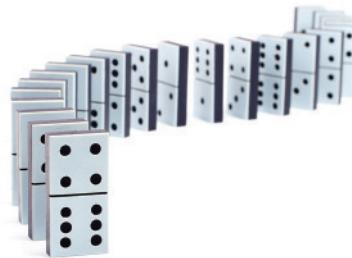
a) $\frac{1}{8}I$ b) $\frac{1}{4}I$ c) $\frac{1}{2}I$ d) $2I$ e) $4I$

3. Nessa nova posição, o círculo iluminado terá raio igual a:

3.a a) 30 cm. c) 60 cm. e) 120 cm.
b) 40 cm. d) 80 cm.

- 4.** Beatriz faz uma longa fila de peças de dominó, colocando-as em pé e próximas umas das outras, como mostra a figura abaixo. Quando ela empurra levemente o topo da primeira pedra, esta tomba sobre a segunda, que tomba sobre a terceira, e assim sucessivamente, até a última peça da fila.

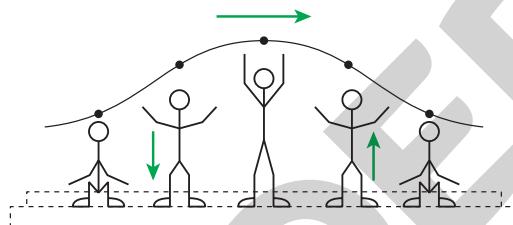
ALEXANDER MAZURKEVICH/SHUTTERSTOCK



Sobre essa brincadeira de Beatriz, responda às questões a seguir.

- a)** Qual é a condição que deve ser obedecida em relação à distância entre peças consecutivas para que a brincadeira dê certo?
b) A propagação do desequilíbrio entre peças vizinhas caracteriza uma onda?
c) Que tipo de perturbação ocorre durante a brincadeira?
- 5.** (Enem) Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a *ola mexicana*. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.

- 5.c** (Enem) Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a *ola mexicana*. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



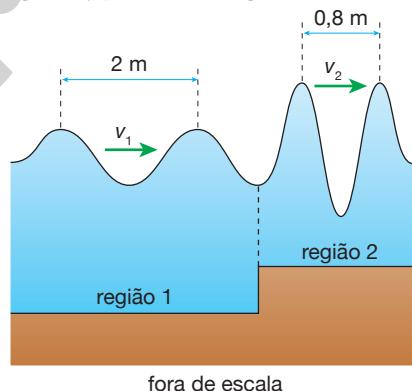
Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm.

Disponível em: <<http://www.ufsm.br>>. Acesso em: 7 dez. 2012 (adaptado).

Nessa *ola mexicana*, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de
a) 0,3 **b) 0,5** **c) 1,0** **d) 1,9** **e) 3,7**

- 6.** (Famema-SP) Com o objetivo de simular as ondas no mar, foram geradas, em uma cuba de ondas de um laboratório, as ondas bidimensionais representadas na figura, que se propagam de uma região mais funda (região 1) para uma região mais rasa (região 2).

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUADA



Sabendo que, quando as ondas passam de uma região para a outra, sua frequência de oscilação não se altera e considerando as medidas indicadas na figura, é correto afirmar que a razão entre as velocidades de propagação das ondas nas regiões 1 e 2 é igual a:

- a) 1,6.** **b) 0,4.** **c) 2,8.** **d) 2,5.** **e) 1,2.**

POLUIÇÃO AMBIENTAL E RECICLAGEM

T.O./SHUTTERSTOCK



Em grandes plantações é comum a presença de pulverizadores agrícolas, maquinários que fazem aplicação de produtos como pesticidas e agrotóxicos. Monte Alegre de Minas, MG, 2020.

A demanda cada vez maior por alimentos fez com que a produção agrícola recorresse ao uso de defensivos agrícolas, agrotóxicos ou pesticidas para evitar a propagação de pragas e doenças na lavoura. A produção em larga escala de muitos produtos agrícolas seria inviável sem esses recursos.

Apesar dos benefícios para a agricultura, os agrotóxicos são extremamente nocivos para os seres vivos e os ambientes naturais e podem contaminar e poluir o solo, a água e até mesmo o ar, por isso eles são classificados de acordo com sua toxicidade e devem ser usados por pessoas habilitadas e com controles rigorosos.

Esse potencial destruidor dos agrotóxicos é tema de debate e preocupação na nossa sociedade; por isso, cientistas e pesquisadores trabalham para encontrar maneiras mais ecológicas de proteger as lavouras. As novas pesquisas abrangem a modificação genética de produtos agrícolas, como os transgênicos, e o uso de controles biológicos, em que espécies de um ambiente são inseridas em outro para combater as espécies que causam danos às plantações.

✓ 1. Introdução

O uso de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, a aplicação de adubos e defensivos na agricultura e diversas outras atividades, como as industriais, lançam no meio ambiente compostos químicos poluentes que contaminam o ar, a água e o solo e modificam, em alguns casos, a proporção dos elementos que constituem o meio ambiente, afetando a saúde das pessoas, dos animais e toda a natureza.

O meio ambiente também recebe materiais provenientes de fenômenos naturais, como as erupções vulcânicas, a erosão, as enchentes, entre outros.

De olho na BNCC:

- EM13CNT103
- EM13CNT104
- EM13CNT105
- EM13CNT203
- EM13CNT303
- EM13CNT304
- EM13CNT310
- EM13CHS301
- EM13CHS305
- EM13CHS306
- EM13LGG704

Sempre que há alguma alteração das características originais do meio ambiente está ocorrendo poluição ambiental.

Neste capítulo, analisaremos as principais formas de poluição do meio ambiente e os procedimentos que devemos adotar para minimizá-las.

Vamos apresentar também os principais materiais que podem ser reciclados e, com isso, reduzir a quantidade de lixo e a energia consumida para produzi-los.

2. Poluição ambiental

Poluição do ar

As chaminés das fábricas e os escapamentos dos veículos automotores lançam continuamente no ar uma grande quantidade de substâncias, como óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3), óxidos de nitrogênio (NO e NO_2), material particulado, dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (C_xH_y). Essas substâncias constituem os **poluentes primários**. Alguns deles reagem entre si ou com os componentes do ar, formando os **poluentes secundários** (Fig. 1).

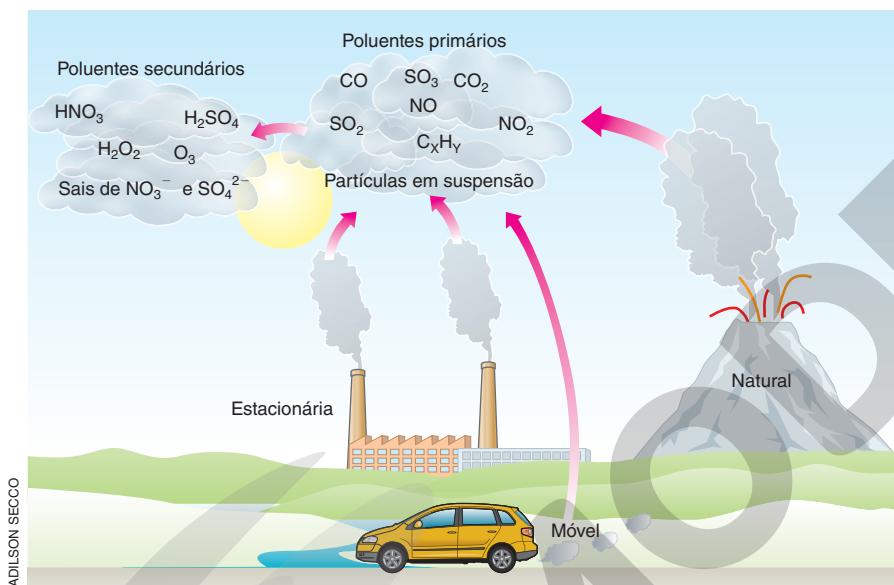


Figura 1 Três tipos de fontes poluidoras: natural, estacionária e móvel. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A poluição do ar pode provocar alergias, doenças respiratórias, lesões em órgãos internos e doenças mais graves, como o câncer. Estudos recentes mostram que esse tipo de poluição também pode causar crises cardíacas e abortos espontâneos.

Os danos não atingem somente os seres humanos e os animais. É comum que a vegetação afetada pela poluição perca o vigor e morra; com isso, grandes áreas podem perder sua cobertura natural, aumentando a possibilidade de deslizamentos de terra e de desertificação (Fig. 2).

O vapor de água (H_2O) da atmosfera reage com o dióxido de enxofre (SO_2) emitido, formando o ácido sulfúrico (H_2SO_4), e com os óxidos de nitrogênio (NO_x), formando o ácido nítrico (HNO_3). As gotas de chuva, absorvendo esses ácidos, passam a apresentar alto índice de acidez. Ao se precipitarem sobre o solo, ocorre o que se convencionou chamar de chuva ácida, que é responsável pelo desaparecimento de várias espécies aquáticas, pela destruição da cobertura vegetal e pela corrosão de metais e outros materiais, como o granito e o mármore dos monumentos e de outras obras de arte que ficam ao ar livre. Muitas vezes, os gases responsáveis pela chuva ácida são carregados pelo vento para regiões distantes, onde, mesmo não havendo poluição do ar, pode ocorrer a precipitação de chuvas ácidas.



Figura 2 Árvores mortas pela chuva ácida. Parque Nacional da Floresta da Bavária, Alemanha, 2015.

Muitas indústrias instalam filtros nas chaminés com a finalidade de reduzir a emissão de poluentes na atmosfera. Em diversos países, uma rigorosa legislação antipoluição e uma fiscalização eficiente multam e fecham indústrias que cometem crimes contra o meio ambiente.

Nos centros urbanos, os gases emitidos pelos escapamentos dos automóveis são os principais responsáveis pela poluição do ar. Um deles é o monóxido de carbono, que pode causar dores de cabeça, perda de visão e, em grande concentração, a morte: a hemoglobina combina-se com ele numa ligação mais estável do que com o gás oxigênio, impedindo o transporte dessa substância para os tecidos e causando asfixia.

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), "cerca de 90% da poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo tem origem na frota de veículos em circulação. São aproximadamente doze milhões de veículos lançando milhares de toneladas de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e de nitrogênio, aldeídos, vapores e partículas, além da poluição sonora". Os veículos a óleo diesel emitem uma fumaça preta constituída de partículas de fuligem inaláveis (carbono), que carregam substâncias tóxicas e são prejudiciais à saúde, podendo causar alergia, asma e bronquite. A fiscalização de fontes poluidoras e o controle da qualidade do ar são programas permanentes da Cetesb, que instalou, nas ruas e avenidas da região central de São Paulo, painéis eletrônicos que indicam a qualidade do ar, classificando-a em boa, moderada, ruim, muito ruim ou péssima (Fig. 3).

Os veículos automotores já saem de fábrica com filtros especiais, os **catalisadores**. Eles são usados para converter os hidrocarbonetos, o monóxido de carbono e o óxido de nitrogênio dos gases de escapamento em dióxido de carbono, nitrogênio e vapor de água.

Poluição da água

É muito comum que as águas usadas nas residências, contendo fezes humanas, urina, restos de comida, sabões e detergentes, sejam despejadas nos rios e lagos, diretamente ou pelas redes de esgoto. Em pequenas quantidades, essas substâncias sofram o processo de decomposição, isto é, biodegradação pelos microrganismos decompositores. Entretanto, quando são despejadas em grandes quantidades e sem tratamento, provocam aumento considerável na população desses microrganismos, que, ao respirarem, consomem gás oxigênio dissolvido na água. Como consequência, os peixes podem morrer por asfixia, devido à redução do teor de oxigênio na água.

Os adubos químicos, que contêm principalmente nitrogênio e fósforo, são levados pelas chuvas e atingem rios e lagos. Esses componentes juntam-se às substâncias existentes nos esgotos residenciais, nutrem as algas, que também proliferam, e, em grande quantidade, impedem a passagem da luz através da água. As plantas que vivem no fundo da água não podem, assim, realizar a fotossíntese e, portanto, não produzem gás oxigênio. Com isso, elas e os peixes, que se alimentam delas, morrem. Mas as bactérias anaeróbicas, causadoras de inúmeras doenças, permanecem vivas.

Além de matéria orgânica, muitas substâncias perigosas, como os metais cádmio, chumbo e mercúrio, são despejadas pelas indústrias nas águas dos rios, pondo em risco a vida de todas as espécies aquáticas que neles habitam. Esses metais, muito densos, são solúveis na água e, por isso, de fácil absorção pelos organismos vivos. O mercúrio, por exemplo, apresenta efeito cumulativo, concentrando-se ao longo das cadeias alimentares. No ser humano, que é um dos últimos consumidores, ele pode provocar lesões no sistema nervoso, principalmente no cérebro e na medula, no fígado e nos rins (Fig. 4).

Esses metais venenosos para os seres humanos são encontrados em baterias elétricas. Por esse motivo, recomenda-se muito cuidado com o descarte de baterias e pilhas sem carga. Há estabelecimentos e fabricantes que mantêm um serviço de coleta de baterias inutilizadas, principalmente as de telefones celulares, para que sejam adequadamente descartadas.



FÁBIO GUINAI/FOTOGARENNA

Figura 3 Painel eletrônico indicando que a qualidade do ar está moderada (MOD) na avenida Brigadeiro Faria Lima, São Paulo, SP, 2014.



THE ASAHI SHIMBUN/GETTY IMAGES
Figura 4 Participantes da conferência diplomática dos plenipotenciários na Convenção de Minamata sobre Mercúrio, encontram pacientes com a doença de Minamata, causada pelo consumo de peixes provenientes de águas poluídas por mercúrio. Minamata, Japão, 2013.

[Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.](#)

Atividade em grupo

O filme *Erin Brockovich, uma mulher de talento* (Estados Unidos, 2000, 131 min), estrelado pela atriz Julia Roberts, aborda o problema da poluição da água causada por substâncias provenientes de lixo industrial.

Reúna-se com seus colegas e assistam a esse filme. Depois, pesquisem se há casos semelhantes de poluição industrial da água ou do solo no Brasil. Levem os resultados das pesquisas para a sala de aula e, com a mediação do professor, discutam os temas levantados no filme e as informações que vocês obtiveram sobre poluição industrial.

CESAR DINIZ/PULSAR IMAGENS



Figura 5 Os lixões a céu aberto são fontes de poluição do solo e de doenças para a população. Itaberaba, BA, 2014.

O mercúrio é ainda muito utilizado no garimpo do ouro, com o qual forma um amálgama. Depois de separado do ouro, é rejeitado diretamente nos rios.

Muitas substâncias nocivas à saúde são lançadas diretamente nos mares por rios poluídos que neles desaguam. Como consequência, as praias ficam impróprias para banhos.

Entre as medidas que podem ser tomadas para despoluir ou evitar que as águas sejam poluídas estão:

- o tratamento e a ampliação das redes de esgoto;
- o tratamento das substâncias tóxicas produzidas pelas indústrias, tornando-as inofensivas;
- a construção de emissários submarinos nas cidades litorâneas;
- campanhas educativas que esclareçam a população de que rios, lagos, riachos, córregos, mananciais, mares, entre outros, são fontes de vida e não devem receber dejetos, resíduos e lixo.

As leis brasileiras de proteção ambiental são bastante avançadas. Cabe ao governo fiscalizar, punir e multar os responsáveis por crimes contra o meio ambiente, o que nem sempre acontece. Mas cada cidadão também deve se conscientizar de sua responsabilidade e de que pode assumir atitudes simples para minimizar a poluição, como reduzir o consumo de produtos industrializados e de embalagens plásticas.

Outro grave tipo de poluição, que prejudica a fauna e a flora marítimas, decorre do vazamento de óleo de navios-petroleiros ou da ruptura de dutos que transportam o óleo da refinaria aos tanques de abastecimento.

Poluição do solo

A causa mais visível de poluição do solo é a deposição direta de lixo e de dejetos humanos e animais sem qualquer tipo de tratamento (Fig. 5). Por isso, cabe às autoridades difundir campanhas educativas permanentes que esclareçam a população sobre os perigos envolvidos no descarte inadequado e sobre os hábitos de higiene que devem ser seguidos, além de ampliar as medidas corretas de destinação do lixo e do esgoto, com o devido tratamento.

Os resíduos industriais levados pelo ar e pela água também podem ser absorvidos pelo solo, causando problemas graves de saúde à população.

Outra causa de poluição do solo, com consequências muito sérias, é a utilização indiscriminada na lavoura de defensivos e adubos químicos extremamente tóxicos, prejudicando seres humanos, animais e plantas. É clássico o caso do DDT e do BHC, compostos do grupo dos hidrocarbonetos clorados, que hoje estão proibidos, mas foram utilizados durante muito tempo no combate às pragas. Esses produtos, por não serem biodegradáveis, são incorporados às cadeias alimentares e propagados pelos seus elementos constituintes, alcançando, inevitavelmente, o ser humano, que está no final dessas cadeias. É preciso, então, orientar corretamente os agricultores, inclusive com o acompanhamento de técnicos habilitados, para que conheçam o tipo e a quantidade do pesticida e do fertilizante a serem utilizados.

Muitas pesquisas têm sido realizadas visando evitar ou pelo menos diminuir a utilização de defensivos na lavoura. Fala-se muito, por exemplo, em alimentos geneticamente modificados ou transgênicos, que são variedades de plantas que tiveram suas características alteradas para resistirem às pragas, dispensando a utilização de produtos químicos. Entretanto, existe muita discussão a respeito da validade desse procedimento, se ele é seguro para a saúde das pessoas, se impacta o meio ambiente, entre outras questões.

Outras pesquisas em andamento visam usar animais, em geral insetos, que, sem prejudicar a plantação, se alimentam daqueles que causam as pragas.

[Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.](#)

Atividade em grupo

Na abertura deste capítulo, abordamos maneiras de evitar a utilização de defensivos agrícolas. A engenharia genética, por exemplo, desenvolveu produtos geneticamente modificados, como a soja e o milho transgênicos. Entretanto, há muita oposição, principalmente dos grupos ambientalistas, a esses procedimentos.

Forme um grupo com seus colegas para investigar os pontos positivos e negativos da produção de transgênicos. Em seguida, procurem por outras formas de evitar o uso de agrotóxicos. Essas alternativas são economicamente viáveis? Depois, debatam com os outros grupos a respeito do tema.

Poluição sonora

Nossa civilização caracteriza-se pelo barulho. É muito difícil encontrar, principalmente nas cidades, um local de silêncio absoluto. A presença de grande quantidade de sons, que chegam a incomodar e a estressar as pessoas, caracteriza a poluição sonora.

Nos grandes centros urbanos, os ruídos emitidos pelos veículos automotores são uma das maiores fontes de poluição sonora. Em algumas cidades brasileiras, foram estabelecidas medidas efetivas de controle do ruído veicular para combater esse problema, como a introdução de parâmetros sonoros para a certificação de veículos novos e a fiscalização em campo dos veículos em uso.

Devido à exposição contínua a ruídos exagerados, muitas pessoas apresentam deficiências auditivas e estresse. A qualidade de vida do ser humano diminui em função do excesso de poluição sonora a que está submetido.

O nível de intensidade sonora está relacionado à quantidade de energia transportada por uma onda sonora. Sons contínuos de nível de intensidade sonora superior a 85 decibéis (85 dB) causam lesões irreversíveis à orelha humana. Se esse nível for superior a 110 dB, pode provocar, mesmo com uma curta exposição, perda temporária de audição; já com uma exposição prolongada, o resultado pode ser uma lesão irreversível nos nervos auditivos, com consequente surdez. Curtas exposições da orelha humana a sons com mais de 140 dB podem ocasionar a ruptura da membrana timpânica (ou tímpano).

A poluição sonora, além dos danos ao aparelho auditivo, interfere na comunicação entre as pessoas, reduz a eficiência no trabalho, causa estresse, acelera o ritmo cardíaco, aumenta a pressão arterial, baixa a imunidade do organismo e provoca problemas cardiovasculares.

O padrão de nível de intensidade sonora aceitável numa área residencial é de, no máximo, 55 dB no período diurno e 50 dB no período noturno. Em áreas industriais, o padrão é de, no máximo, 70 dB durante o dia e 60 dB durante a noite (Fig. 6).

Poluição visual

O espaço comum a todas as pessoas que vivem numa determinada cidade deve ser compartilhado igualmente por todos. Entretanto, parece que nem todos pensam assim e acreditam que podem fazer uso do espaço público considerando apenas seus interesses. Uma clara demonstração disso é o excesso de faixas, placas e outros elementos de publicidade, além das pichações, que degradam o visual da cidade, danificam e depredam propriedades particulares e públicas. Essa poluição visual, embora pareça inofensiva do ponto de vista da saúde da população, causa problemas psicológicos e de estresse a muitos habitantes dos grandes centros.

No Brasil, apesar das leis municipais que regulamentam o uso do espaço público, o desrespeito a essas normas é evidente. Por isso, é preciso que as autoridades fiscalizem para coibir os abusos, e que os cidadãos se mobilizem para exigir que essa fiscalização seja feita.

Poluição radioativa

A radioatividade apresenta inúmeras aplicações em várias áreas, como a Medicina, a indústria, entre outras. No entanto, várias precauções devem ser tomadas para proteger as pessoas e os ambientes que, de alguma forma, ficam expostos a materiais radioativos.

Os profissionais da área médica que lidam com materiais radioativos, por exemplo, embora tomem os devidos cuidados para evitar uma exposição prolongada e usem vestimentas adequadas, são submetidos periodicamente a exames para detectar qualquer tipo de anomalia que possa ser causada pelas emissões dos materiais com que trabalham. Nas suas atividades, eles costumam usar um crachá especial provido de um filme fotográfico que indica o grau de exposição à radiação.



Figura 6 A medida do nível de intensidade sonora é feita pelo decibelímetro. Nesta foto, o decibelímetro está sendo utilizado para medir o nível de intensidade sonora em uma rua. João Pessoa, PB, 2011.

A energia nuclear é uma importante alternativa energética, em razão do esgotamento das reservas de petróleo e de carvão e da inexistência de fontes renováveis que possam suprir a demanda mundial de energia. Entretanto, as usinas nucleares podem provocar sérios problemas ambientais.

O maior acidente nuclear da história aconteceu na manhã de 26 de abril de 1986 em uma usina nuclear em Chernobyl, atual Ucrânia, a 120 km ao norte de Kiev, devido a uma falha técnica.

No entanto, os problemas não são causados apenas por falhas técnicas.

O acidente ocorrido em 1987 na cidade de Goiânia, em Goiás, é um triste exemplo do que a falta de cuidado e de informação pode provocar.

Ao mudar para outro local, uma clínica de radioterapia abandonou, entre outros equipamentos, um aparelho de tratamento radioterápico, que depois foi vendido como sucata a um ferro-velho. O aparelho continha uma cápsula com cerca de 100 gramas de césio-137. Quando foi aberta, essa cápsula liberou o material radioativo que acabou expondo à radiação o dono do ferro-velho, seus familiares e as pessoas que frequentavam o local. Quatro delas morreram em consequência do acidente, muitas foram internadas em estado grave e outras sofreram danos mais ou menos acentuados pela radiação que receberam.

A limpeza da área produziu mais de 6 mil toneladas de lixo radioativo, que foi acondicionado em caixas, tambores e contêineres revestidos de aço e concreto, os quais foram totalmente lacrados e enterrados a mais de 30 m de profundidade. Somente agora as áreas atingidas começam a se recuperar da desvalorização que sofreram à época do acidente.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

1. (Mackenzie-SP) Três consequências da poluição atmosférica são a destruição da camada de ozônio (A), o efeito estufa (B) e as chuvas ácidas (C). Os principais gases envolvidos em A, B e C são, respectivamente,

- a) dióxido de carbono, dióxido de enxofre e clorofluorcarbono (CFC).
- b) dióxido de enxofre, dióxido de carbono e clorofluorcarbono (CFC).
- c) clorofluorcarbono (CFC), dióxido de carbono e dióxido de enxofre.
- d) clorofluorcarbono (CFC), dióxido de enxofre e dióxido de carbono.
- e) dióxido de carbono, clorofluorcarbono (CFC) e dióxido de enxofre.

2. (PUC-SP)

2.b

[...] Como se não bastasse a sujeira no ar, os chineses convivem com outra praga ecológica, a poluição das águas por algas tóxicas. Há vários anos as marés vermelhas, formadas por essas algas, ocupam vastas áreas do litoral chinês, reduzindo drasticamente a pesca e afugentando os turistas.

“O avanço das algas tóxicas” in Revista Veja, 3 de outubro de 2007.

O trecho acima faz referência a um fenômeno causado pela:

- a) multiplicação acentuada de várias espécies de produtores e consumidores marinhos, geralmente devido à eutroficação do ambiente.
- b) multiplicação acentuada de dinoflagelados, geralmente devido à eutroficação do ambiente.
- c) multiplicação acentuada de várias espécies de produtores e consumidores marinhos devido ao aumento do nível de oxigênio no ambiente.

- d) baixa capacidade de reprodução de dinoflagelados, geralmente devido à eutroficação do ambiente.

- e) baixa capacidade de reprodução do zooplâncton e do fitoplâncton devido ao aumento do nível de oxigênio no ambiente.

3. (Univas-MG) O lixo urbano é responsável por vários impactos ambientais. Mesmo este não sendo um problema exclusivo das grandes cidades, é nelas que ele se torna um grande desafio para as administrações públicas. Sobre as formas de recolhimento e contaminação do lixo urbano é correto afirmar: Observe as alternativas e indique no caderno a opção de acordo com as respostas.

- 1. Os lixões e aterros sanitários, normalmente, são localizados na periferia, e recebem lixo das cidades. É frequente, porém, pessoas usarem os terrenos abandonados ou da própria rua para esse fim.
 - 2. Os aterros sanitários são locais onde o lixo fica a céu aberto, em zonas de mata, afastado dos rios e da periferia.
 - 3. Além do mau cheiro, da poluição visual e da presença de ratos e insetos, os aterros e os lixões trazem outras consequências para as áreas onde estão situados. O chorume e os resíduos sólidos do lixo afetam a saúde da população do entorno, geralmente formada por pessoas de baixa renda.
 - 4. A decomposição da matéria orgânica do lixo produz um resíduo fétido e ácido que evapora e não polui os solos e as águas.
- a) Quando as alternativas 1, 2 e 3 estiverem corretas.
 - b) Quando as alternativas 1 e 3 estiverem corretas.
 - c) Quando as alternativas 2 e 4 estiverem corretas.
 - d) Quando somente a alternativa 4 estiver correta.

3. Reciclagem

A política dos 3Rs, que significa **reduzir**, **reutilizar** e **reciclar**, é uma medida criada com o objetivo de diminuir a produção de lixo e, dessa forma, poluir menos o meio ambiente por meio do consumo consciente e do manejo sustentável dos produtos e materiais utilizados no dia a dia.

Reducir se refere à diminuição do lixo. Por exemplo, podemos reduzir a quantidade de lixo utilizando sacolas retornáveis em vez de sacolas plásticas, dispensando o uso de copos descartáveis e optando por preparar os alimentos em vez de comprar comida pronta e industrializada, para diminuir o consumo de embalagens.

Reutilizar é dar uma nova finalidade a um produto que seria jogado fora ou utilizá-lo com a mesma função original. Como exemplo podemos citar o reúso de garrafas plásticas de água, potes plásticos de margarina, potes de sorvete etc. Isso diminui a quantidade de lixo e evita a compra e o consumo de novos itens.

Reciclar materiais, entre eles metais, vidros, papéis e plásticos, para reaproveitar insumos e economizar energia. A reciclagem contribui também para a redução da quantidade de lixo, incinerado ou despejado em aterros sanitários, e seu impacto sobre o meio ambiente. Além disso, a coleta de material reciclável tem uma função socioeconômica importante, já que existem várias cooperativas e associações de catadores de papelão e de latas de alumínio, entre outras entidades, em todo o país, que se mantêm com a venda desses materiais.

A participação de condomínios, empresas e clubes na coleta de material reciclável tem crescido ao longo dos anos, o que confirma que a população está cada vez mais consciente de sua parcela de responsabilidade com o meio ambiente e do potencial econômico da reciclagem.

Reciclagem de metal

O alumínio é o primeiro metal lembrado quando se fala em reciclagem. Em 2017, segundo dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclagem (Abraletas), foram recolhidas e recicladas no Brasil 295,8 mil toneladas de latas de alumínio das 303,9 mil toneladas de latas produzidas, valor que representa 97,3% do total de latas consumidas no país. O Brasil mantém o primeiro lugar no ranking mundial de reciclagem de latas de alumínio desde 2001.

O símbolo indicado na Figura 7 identifica as latas de alumínio reciclável.

Acompanhe as etapas da reciclagem de latas de alumínio na Figura 8.



Figura 7 Símbolo da reciclagem de latas de alumínio.

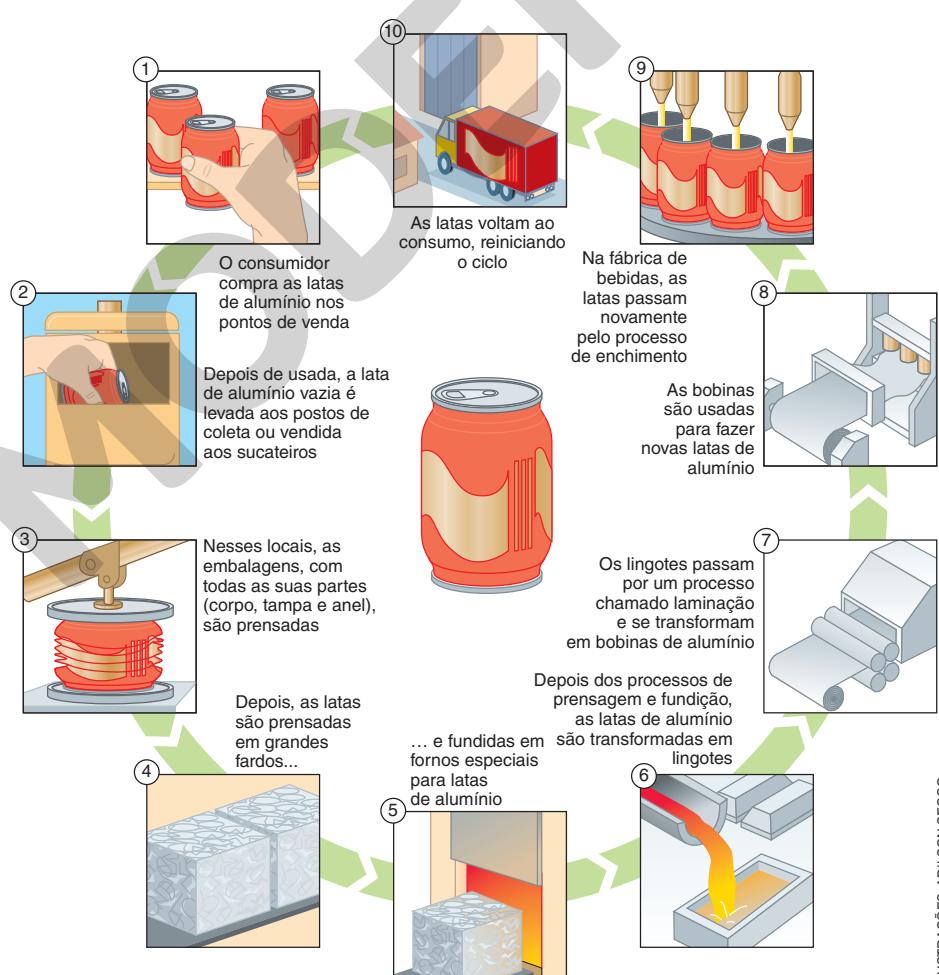


Figura 8 Etapas da reciclagem de latas de alumínio. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

A coleta de latas de alumínio injetou R\$ 1,2 bilhão na economia em 2017, segundo dados divulgados pela Abralatas e pela Associação Brasileira do Alumínio (Abal), contribuindo com a geração de renda e de empregos para milhares de catadores de materiais recicláveis. Dessa forma, além de benéfica para o meio ambiente, a reciclagem de alumínio é uma atividade geradora de renda para muitas pessoas.

Reciclagem de vidro

O vidro, que pode ser 100% reciclado, é um material feito basicamente com areia (sílica ou dióxido de silício, SiO_2), barrilha (Na_2CO_3), calcário (CaCO_3) e feldspato. Como qualquer produto reciclável, seu reaproveitamento traz uma grande economia de matérias-primas e de energia.

De acordo com a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro), para cada tonelada de vidro reciclado, evita-se a retirada de 1,2 tonelada de matéria-prima da natureza, ou seja, areia, barrilha, calcário e feldspato. A adição de 10% de cacos na produção de vidro reduz em 5% a emissão de CO_2 , gerando uma economia de 4% na energia que seria necessária para a fusão. No Brasil, a mistura de cacos na indústria varia de 45% a 55%. De 1991 a 2010, a reciclagem de vidro no Brasil mais que triplicou, passando de 15% para 47%.

No caso dos vidros, devemos fazer uma distinção entre a reutilização e a reciclagem. A reutilização se dá por garrafas retornáveis que são reaproveitadas pelos fabricantes. A reciclagem é feita nas fábricas de vidro com material que já foi utilizado (Fig. 9).

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



Figura 9 O vidro, assim como o alumínio, pode ser reciclado indefinidamente. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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



Figura 10
Símbolo da
reciclagem
do vidro.

O vidro que pode ser reciclado é aquele utilizado, por exemplo, em garrafas de refrigerantes, suco e água, frascos de molho e condimentos, potes de produtos alimentícios, frascos de medicamentos, perfumes e cacos de qualquer dessas embalagens (Fig. 10).

Pela lista, pode-se concluir que nem todo vidro é reciclável. O vidro que não pode ser reciclado é o utilizado em espelhos, em janelas, em boxes de banheiro, em automóveis, produtos de cerâmica e louças, potes de barro, cristal, lâmpadas, fôrmas e travessas de vidro temperado, utensílios de mesa de vidro temperado, tubos e válvulas de televisão e ampolas de medicamentos.

Reciclagem de papel

Com a ampliação do uso dos computadores e editores de texto, imaginava-se que os materiais impressos fossem praticamente desaparecer; entretanto, o consumo mundial de papel não para de crescer.

No Brasil, a espécie vegetal mais utilizada pela indústria de papel é o eucalipto, que demora cerca de sete anos para atingir a altura ideal para o corte e, geralmente, é cultivado em fazendas de monocultura. No entanto, são necessárias cerca de 12 mil árvores de eucalipto para atender à demanda brasileira por papel de uma única grande indústria.

De acordo com o Anuário Estatístico 2013 (ano-base 2012) da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (Abraf), cerca de um terço (35,2%) de toda a área cultivada com eucaliptos, equivalente a 5,1 milhões de hectares, destina-se às indústrias de papel e celulose. Então, se reaproveitarmos a celulose dos papéis usados, estaremos contribuindo, pelo menos em parte, para reduzir o impacto ambiental que esse tipo de indústria provoca. A reciclagem de uma tonelada de pasta de celulose, obtida de papel usado, evita o corte de 34 eucaliptos com 12 metros de altura.

Entre os diferentes tipos de papel que podem ser reciclados (Fig. 11), o papelão ondulado atingiu no Brasil, em 2012, a taxa de 73,3% de reaproveitamento, correspondendo a 3,4 milhões de toneladas. Isso se deve ao fato de, na maioria das vezes, ele ser separado do resto do lixo devido à dificuldade de acondicioná-lo em sacos plásticos. Isso facilita o trabalho de coletadores.

Além do papelão ondulado, outros tipos de papéis podem ser reciclados, como jornais, revistas, impressos em geral, cadernos, papel sulfite, envelopes, papel timbrado, embalagens longa vida, cartões, entre outros.

Contudo, nem todo tipo de papel pode ser reciclado. Entre os não recicláveis podemos listar os papéis plastificados e os metalizados, o papel-carbono, o papel vegetal, fotocópias brilhantes, papel para fotografia, papel de bala, fita-crepe, papel com cola (adesivo) e os papéis sujos (como papel higiênico, guardanapo, fraldas descartáveis e o papel utilizado em cigarros).

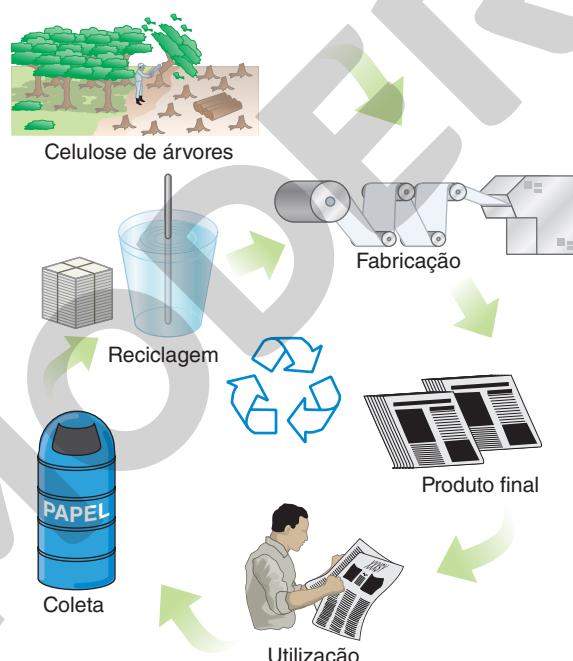
O processo de reciclagem do papel ocorre em etapas (Fig. 12). Inicialmente, o papel a ser reciclado é separado e cortado em aparas, que são misturadas com água e trituradas em uma máquina denominada macerador, formando uma massa homogênea. A seguir, essa massa é centrifugada e os resíduos (areia, grampos etc.) são eliminados. Após a centrifugação, a massa vai para um forno e produtos químicos são adicionados para a retirada de tintas. Já sem tintas, a massa passa pelo processo de prensagem, quando é comprimida entre rolos cilíndricos e outros equipamentos para secar e gerar o papel na gramatura desejada. Depois dessa etapa, o papel está pronto para ser usado novamente. A massa, rica em celulose, pode ainda ser utilizada para poupar a derrubada de árvores na fabricação de papéis novos.

De acordo com a Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa), no Brasil, em 2012, a taxa de recuperação de papéis em geral para reciclagem foi de 58,3%, aproximadamente 6,0 milhões de toneladas dos 10,3 milhões de toneladas produzidas. E essa taxa vem aumentando, ainda que lentamente.

Apesar dos números animadores, a reciclagem de papel no Brasil ainda é pequena, pois está concentrada, como já dissemos, em papelão ondulado. Os campeões mundiais de reciclagem de papel são a Coreia do Sul (78,1%) e a Alemanha (73,1%).



Figura 11
Símbolo da reciclagem do papel.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 12 A reciclagem de papel evita a derrubada de árvores.
(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Reciclagem de plástico

Os plásticos, devido à sua durabilidade e resistência à ação do ar e de agentes químicos, tornaram-se um grande problema de poluição ambiental quando descartados. Eles não são biodegradáveis e, por esse motivo, estima-se que podem durar centenas de anos no meio ambiente. Sua incineração não soluciona o problema, pois pode liberar gases tóxicos e poluir o ar.

De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre), no Brasil, em 2011, 21,7% dos plásticos foram reciclados, representando aproximadamente 1,06 milhão de toneladas. Destaca-se que o índice de reciclagem de plásticos no Brasil é muito próximo dos índices europeus, cuja média é de 21%. A Alemanha é a primeira colocada nesse ranking, com 34%.

Há símbolos que identificam se a embalagem é reciclável e se deve ser descartada de forma seletiva, para facilitar o encaminhamento à indústria recicladora (Fig. 13).



Figura 13 Símbolos identificadores de plásticos recicláveis: 1. Polietereftalato de etila (PET); 2. Polietileno de alta densidade (PEAD); 3. Policloreto de vinila (PVC); 4. Polietileno de baixa densidade (PEBD); 5. Polipropileno (PP); 6. Poliestireno (PS); 7. Outras resinas, como acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS).

Entre os plásticos que não são recicláveis, podemos citar os cabos de panela, as tomadas de eletricidade, a baquelite, os poliuretanos e poliacetatos de etileno vinil (usados em solados de calçados).

A reciclagem do plástico pode ser feita por dois processos diferentes: a mecânica e a química. A reciclagem mecânica do plástico tem como produto final grânulos, denominados *pellet* (Fig. 14), que podem ser reutilizados na produção de outros produtos, como sacos de lixo, solados, pisos, conduites, mangueiras, componentes de automóveis, fibras, embalagens não alimentícias e muitos outros.

Nesse processo, após a coleta, os plásticos, separados por tipo, são limpos para a retirada de resíduos e restos de conteúdo. A seguir, são triturados e mais uma vez lavados. Os grânulos passam por um aglutinador, quando aditivos químicos podem ser adicionados, fundem-se e transformam-se em uma massa plástica. Na sequência, essa massa é aquecida em uma extrusora e funde-se numa massa homogênea. Na saída da extrusora, um cabeçote dá um formato de espaguete ao plástico, que é resfriado com água. Na última etapa, o espaguete de plástico é cortado em um granulador e transformado em *pellet* (grãos plásticos).

A reciclagem química dos plásticos é feita por meio de vários processos, mas todos têm a finalidade de transformar os plásticos em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos que servirão como matéria-prima em refinarias ou centrais petroquímicas. Esses produtos permitem produzir plásticos novos com a mesma qualidade de um polímero original.

Acompanhe, na figura 15, as etapas da reciclagem do plástico pelos processos descritos anteriormente.

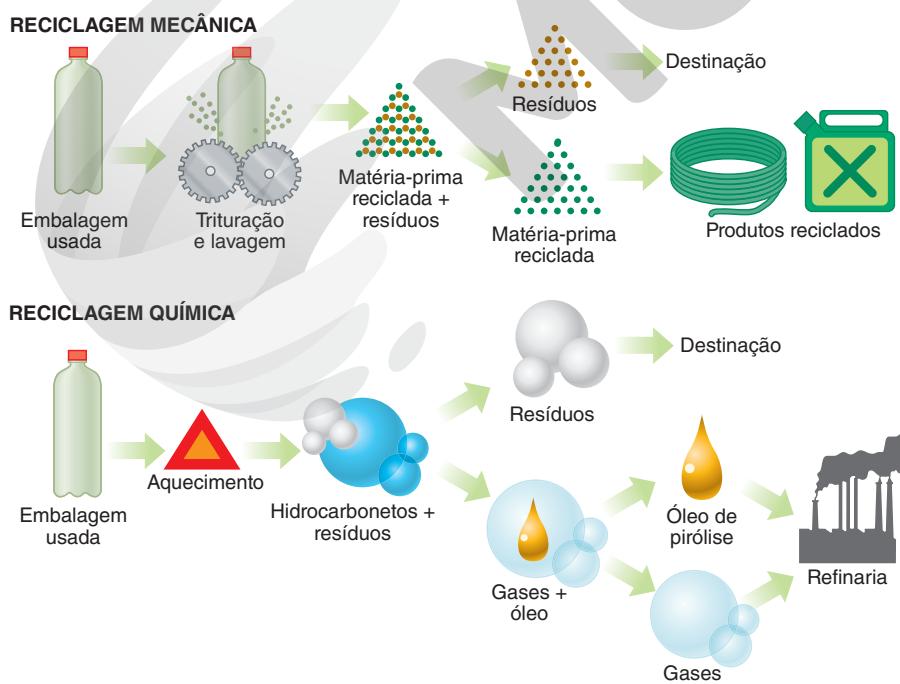


Figura 14 O *pellet* é o produto final da reciclagem mecânica do plástico.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 15 A reciclagem de plástico pode ser realizada por processos mecânicos ou químicos. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

- 6.** (UEFS) Em Salvador e na região metropolitana, são descartados, por ano, cerca de dois milhões de toneladas de resíduos sólidos. Se não forem tomadas providências, em pouco tempo, os aterros sanitários não serão suficientes para manter tanto lixo.

Considerando-se a problemática do lixo das grandes regiões metropolitanas do país, entre as soluções corretas para reduzir o acúmulo desse material nos aterros sanitários, pode-se incluir

- a) a incineração de resíduos sólidos descartados nos aterros sanitários.
- b) o incentivo às cooperativas de catadores e aos artesãos para transformar os resíduos sólidos em material reciclado.
- c) o reaproveitamento de resíduos com objetivo de requalificá-los e introduzi-los na economia.
- d) a ampliação de aterros sanitários para aproveitar a energia gerada na biodecomposição de resíduos sólidos.
- e) a modernização da frota de caminhões, que utilize óleo diesel isento de enxofre, para manter os grandes centros urbanos limpos.

- 7.** (UEPA) O crescimento precipitado das cidades em decorrência do acelerado desenvolvimento tecnológico da segunda metade do século XX produziu um espaço urbano cada vez mais fragmentado, caracterizado pelas desigualdades e segregação espacial, subemprego e submoradia, violência urbana e graves problemas ambientais.

Sobre os problemas socioambientais nos espaços urbano-industriais, é correto afirmar que:

- a) os resíduos domésticos e industriais aliados aos numerosos espaços marginalizados, problemas de transportes, poluição da água e do solo, bem como os conflitos sociais, são grandes desafios das cidades na atualidade.
- b) as ações antrópicas, em particular, as atividades ligadas ao desenvolvimento industrial e urbano, têm comprometido a qualidade das águas superficiais, sem, contudo, alcançar os depósitos subterrâneos.
- c) os conflitos sociais existentes no espaço urbano mundial estão associados à ampliação de políticas públicas para melhoria de infraestrutura que provocou o deslocamento de milhões de pessoas do campo para a cidade.
- d) a violência urbana, problema agravado nos últimos anos, está associada à má distribuição de renda, à livre comercialização de armas de fogo e à cultura armamentista existente na maioria dos países europeus.

- e)** a chuva ácida ocorrida nos países ricos industrializados apresenta como consequências a destruição da cobertura vegetal e a alteração das águas, embora favoreça a fertilização dos solos agricultáveis.

- 8.** (Enem)

8. d

A questão ambiental, uma das principais pautas contemporâneas, possibilitou o surgimento de concepções políticas diversas, dentre as quais se destaca a preservação ambiental, que sugere uma ideia de intocabilidade da natureza e impede o seu aproveitamento econômico sob qualquer justificativa.

PORTO-GONÇALVES, C. W. *A globalização da natureza e a natureza da globalização*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006 (adaptado).

Considerando as atuais concepções políticas sobre a questão ambiental, a dinâmica caracterizada no texto quanto à proteção do meio ambiente está baseada na

- a) prática econômica sustentável.
- b) contenção de impactos ambientais.
- c) utilização progressiva dos recursos naturais.
- d) proibição permanente da exploração da natureza.
- e) definição de áreas prioritárias para a exploração econômica.

- 9.** (Enem) A poluição radioativa compreende mais

9. e

de 200 nuclídeos, sendo que, do ponto de vista de impacto ambiental, destacam-se o césio-137 e o estrôncio-90. A maior contribuição de radionuclídeos antropogênicos no meio marinho ocorreu durante as décadas de 1950 e 1960, como resultado dos testes nucleares realizados na atmosfera. O estrôncio-90 pode se acumular nos organismos vivos e em cadeias alimentares e, em razão de sua semelhança química, pode participar no equilíbrio com carbonato e substituir cálcio em diversos processos biológicos.

FIGUEIRA, R. C. L.; CUNHA, I. I. L. *A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos*. *Química Nova*, n. 21, 1998 (adaptado).

Ao entrar numa cadeia alimentar da qual o homem faz parte, em qual tecido do organismo humano o estrôncio-90 será acumulado predominantemente?

- a) Cartilaginoso.
- b) Sanguíneo.
- c) Muscular.
- d) Nervoso.
- e) Ósseo.

ÁCIDOS E BASES NA QUÍMICA ORGÂNICA



DESIGN PICS INC./ALAMY/FOTOARENA

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

A qualidade de produtos industriais em cuja elaboração se emprega meio aquoso é fortemente influenciada pelo grau de pureza da água utilizada. (Na foto, químico observa amostra de uma solução aquosa produzida com água submetida a controle de qualidade e aprovada.)

A água é considerada potável quando apresenta um conjunto de características adequadas ao consumo humano, seja para ingestão, preparo de alimentos ou higiene pessoal, atendendo a padrões que garantam que não oferece riscos à saúde. Mas será que esse conjunto de características também é aplicável ao caso da água usada na fabricação de produtos que exigem padrões ainda mais rigorosos de pureza, como medicamentos e cosméticos?

Na indústria farmacêutica, as características da água e a limpeza dos equipamentos utilizados na produção impactam diretamente na qualidade, segurança e eficácia dos medicamentos fabricados. Algo similar acontece nas indústrias de cosméticos. Por isso, nos processos produtivos envolvidos, deve-se utilizar a água purificada que corresponda, o mais próximo possível, à substância pura água, ou seja, que não apresente outras espécies químicas em sua composição, nem mesmo íons normalmente presentes na água potável. Um dos métodos usados para a purificação da água é a troca iônica, procedimento em que se utilizam resinas específicas.

O uso de resinas trocadoras de íons é um processo bastante empregado porque apresenta elevada eficiência e baixo desperdício de recursos e de energia. Para garantir que a água seja totalmente descontaminada, química e biologicamente, são empregadas técnicas adicionais ao uso das resinas de troca iônica, como esterilização usando radiação ultravioleta ou ozônio. Cuidados no armazenamento da água também são importantes a fim de evitar recontaminação.

Neste capítulo você conhecerá o que são as resinas de troca iônica e aprenderá conceitos necessários para compreender o mecanismo de seu funcionamento. Entre esses conceitos, estão os grupos funcionais de moléculas orgânicas que apresentam caráter ácido ou básico e seus equilíbrios de ionização em meio aquoso.

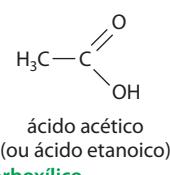
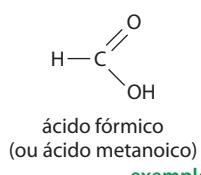
De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT104
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT207
- EM13CNT303
- EM13CNT310
- EM13CHS301
- EM13CHS305

1. Conceitos introdutórios

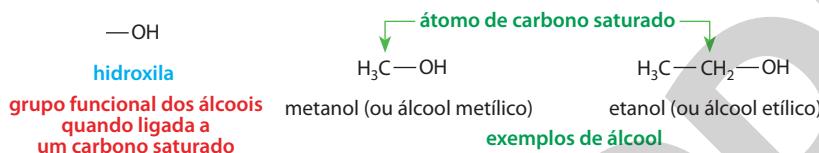
Os compostos que contêm o elemento químico carbono são, em sua maioria, estudados pela área das Ciências da Natureza chamada de Química Orgânica. Essas substâncias, que nesse contexto são denominadas **compostos orgânicos**, apresentam propriedades muito diversificadas. Para estudiá-las, uma das sistematizações feitas consiste na divisão em categorias, as **classes funcionais orgânicas** (anteriormente denominadas *funções orgânicas*), cujos membros apresentam propriedades químicas similares.

O critério empregado para incluir um composto em determinada classe funcional orgânica é a existência, em sua molécula, do **grupo funcional** característico dessa classe. Um grupo funcional é constituído por um átomo ou grupo de átomos cuja presença determina propriedades típicas de uma classe funcional. Vamos exemplificar com casos que serão necessários ao entendimento deste capítulo, começando com a classe funcional dos **ácidos carboxílicos**, que se caracteriza pela presença do grupo funcional carboxila:

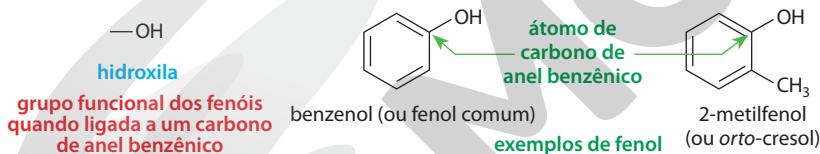


exemplos de ácido carboxílico

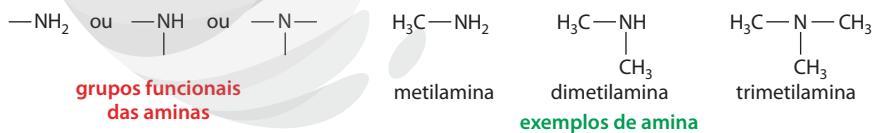
Outro exemplo de classe funcional é a dos **álcoois** (palavra que também pode ser grafada como **alcoóis**), cujo grupo funcional é a hidroxila, $-\text{OH}$, desde que ela esteja diretamente ligada a um átomo de carbono saturado, isto é, um átomo de carbono que estabeleça apenas ligações covalentes simples:



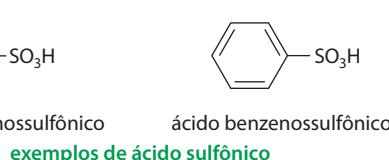
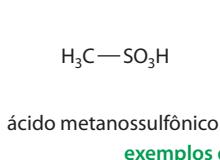
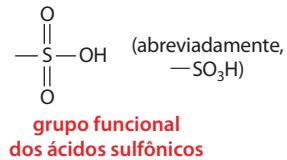
Os **fenóis** são uma classe funcional caracterizada pela presença de um grupo funcional hidroxila, porém, nesse caso, ela deve estar diretamente ligada a um carbono de anel benzênico (estrutura orgânica explicada na Figura 1):



A classe funcional das **aminas** é caracterizada pela presença de um átomo de nitrogênio com três ligações covalentes simples, das quais pelo menos uma é estabelecida com agrupamentos orgânicos como $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ ou $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ e as demais (se for o caso) com átomos de hidrogênio:



Os **ácidos sulfônicos** são uma classe funcional orgânica caracterizada pelo grupo funcional $-\text{SO}_3\text{H}$ ligado a um carbono:



exemplos de ácido sulfônico

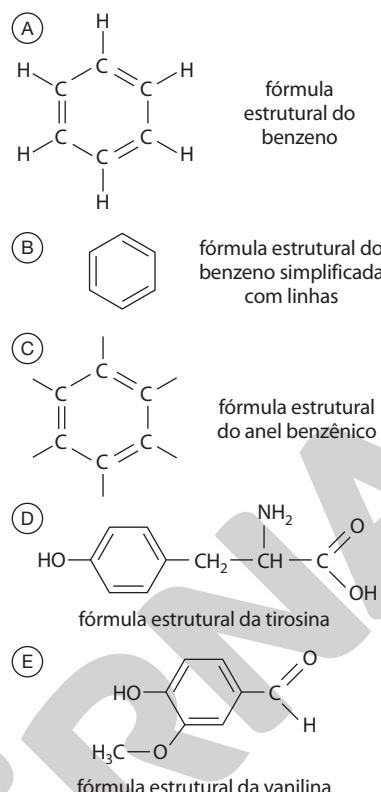


Figura 1 O benzeno (C_6H_6) é um composto orgânico constituído dos elementos químicos carbono e hidrogênio. Duas representações possíveis para sua molécula são a fórmula estrutural (A) e a fórmula estrutural simplificada com linhas (B), na qual os átomos de carbono e de hidrogênio ficam subentendidos. Uma sequência de átomos de carbono similar à existente na molécula de benzeno é denominada anel benzênico (C) e é encontrada em diversos compostos orgânicos, como a tirosina (D), um aminoácido, e a vanilina (E), um aromatizante natural de baunilha.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

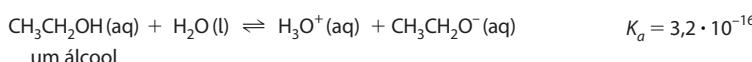
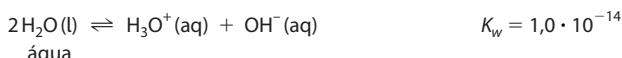
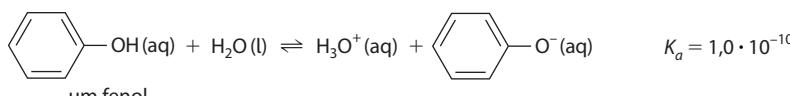
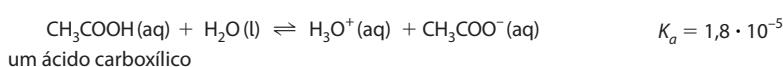
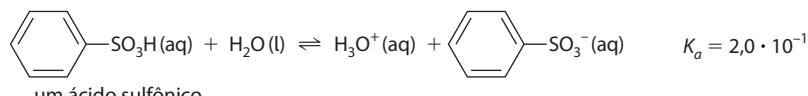
Dialogando com o texto

- Um mesmo composto orgânico pode ser classificado em mais de uma classe funcional, bastando, para isso, apresentar diferentes grupos funcionais. Reproduza no caderno a fórmula estrutural da tirosina (Fig. 1.D) e indique nela os grupos funcionais presentes. A que classes funcionais essa substância pertence?

- A vanilina (Fig. 1.E), além de fenol, inclui-se em mais duas classes funcionais (não comentadas nesta página). Pesquise quais são essas classes e registre os resultados no seu caderno.

2. Acidez na Química Orgânica

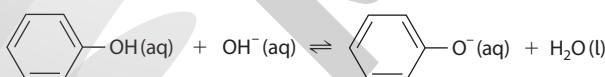
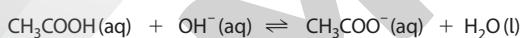
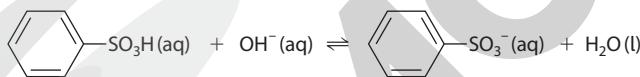
No Capítulo 6, estudamos que os valores da constante de ionização de um ácido, K_a , possibilitam comparar a força de diferentes ácidos, a uma mesma temperatura. Observe os dados a seguir, referentes a 25 °C, apresentados em ordem decrescente de K_a (a água foi incluída para comparação):



Essas equações indicam que o ácido sulfônico, o ácido carboxílico e o fenol apresentam a potencialidade de, em meio aquoso, transferirem íons H^+ para moléculas de água, originando íons $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ na solução aquosa, atuando, portanto, como ácidos. A sequência de valores de K_a evidencia que a sequência crescente de força ácida é fenol < ácido carboxílico < ácido sulfônico.

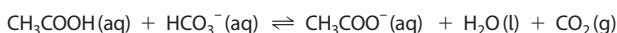
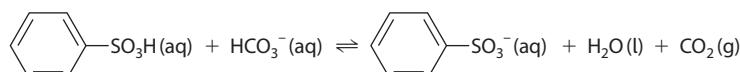
Diferentemente desses compostos, o álcool apresenta valor de K_a inferior ao produto iônico da água (K_w), o que indica que sua tendência a transferir H^+ é extremamente reduzida, insuficiente para que esse tipo de composto expresse caráter ácido em meio aquoso. Assim, um álcool não altera o $p\text{H}$ 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.



Diferentemente desses compostos, o álcool, por não apresentar caráter ácido expressivo em meio aquoso, não reage com NaOH .

No Capítulo 7, estudamos que a adição de ácido a uma solução aquosa contendo íons bicarbonato, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$, pode provocar a liberação de dióxido de carbono gasoso, $\text{CO}_2(\text{g})$, se essa adição aumentar a acidez da solução e o $p\text{H}$ se reduzir a valores inferiores a 4. Verifica-se experimentalmente que nem o álcool nem o fenol apresentados anteriormente têm força ácida suficiente para abaixar o $p\text{H}$ até esses valores, mas o ácido sulfônico e o ácido carboxílico, sim. Assim, ácido sulfônico e ácido carboxílico reagem com bicarbonato, liberando $\text{CO}_2(\text{g})$.



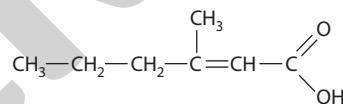
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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:



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.

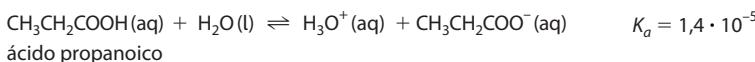
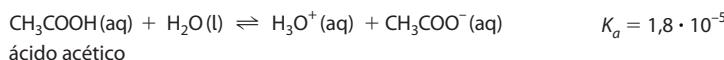
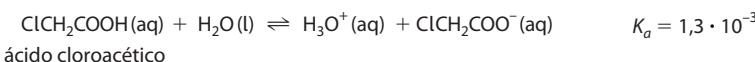
Como exemplos dessa última opção, existem talcos e desodorantes que incluem bicarbonato de sódio (NaHCO_3) em sua composição.

Fundamentado nas informações apresentadas no final desta página, 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.

3. Efeito de substituintes na força ácida

Existem diversos fatores que podem influenciar a força de ácidos orgânicos e, neste item, vamos abordar um deles: a substituição de um átomo de hidrogênio próximo a um grupo funcional de caráter ácido por determinados átomos ou grupos de átomos.

Com finalidade didática, utilizaremos o ácido acético como composto de referência, comparando seu valor de K_a com o de dois outros ácidos carboxílicos, o ácido cloroacético e o ácido propanoico. Observando as fórmulas estruturais desses dois compostos (Fig. 2), pode-se perceber que a substituição de um átomo de hidrogênio do átomo de carbono vizinho à carboxila ($-\text{COOH}$) do ácido acético por um átomo de cloro, $-\text{Cl}$, resulta no ácido cloroacético e que a substituição por um grupo $-\text{CH}_3$ resulta no ácido propanoico. Compare os valores de K_a , a 25 °C, desses três compostos:



Esses valores de K_a indicam que a substituição de um —H por um —Cl causa considerável aumento da força ácida (o valor de K_a aumenta cerca de cem vezes), enquanto a substituição por um —CH₃ provoca pequena redução da força ácida.

A fim de explicar o aumento da força observado no primeiro caso, consideremos uma propriedade dos elementos químicos denominada **eletronegatividade**, que expressa a tendência de um átomo para atrair os elétrons envolvidos nas ligações químicas que estabelece. Os elementos químicos flúor (F), oxigênio (O), nitrogênio (N) e cloro (Cl) apresentam as eletronegatividades mais elevadas (Fig. 3).

Na molécula de ácido cloroacético, existe um átomo de cloro, muito eletro-negativo, posicionado próximo ao grupo responsável pela acidez, a carboxila (—COOH). Esse átomo de cloro exerce intensa atração sobre a nuvem eletrônica da molécula, atração que é denominada efeito **indutivo eletroatraente**.

No ânion resultante da ionização do ácido cloroacético, $\text{ClCH}_2\text{COO}^-$, o efeito indutivo eletroatraente do cloro faz com que a carga negativa não fique confinada apenas na extremidade do ânion, mas ligeiramente espalhada devido à atração em direção ao cloro. Evidências obtidas pelos químicos indicam que essa dispersão da carga negativa torna o ânion $\text{ClCH}_2\text{COO}^-$ mais estável que o ânion CH_3COO^- . Assim, a formação dos produtos no equilíbrio químico de ionização é mais favorecida no caso do ácido cloroacético, fazendo com que esse composto tenha força ácida maior que o ácido acético, ou seja, tenha maior valor de K_a .

A Figura 4.A relaciona alguns grupos com efeito indutivo eletroatraente e que, por isso, causam aumento da força do ácido acético caso substituam um átomo de hidrogênio do carbono vizinho à carboxila.

Já os grupos representados na Figura 4.B são constituídos exclusivamente de átomos dos elementos químicos carbono e hidrogênio e não apresentam efeito indutivo eletroatraente. Assim, ao substituir um átomo de hidrogênio próximo da carboxila por um deles, não é de se esperar aumento da força ácida. De fato, verifica-se que os grupos da Figura 4.B exercem pouquíssima ou nenhuma alteração da força ácida quando substituem um átomo de hidrogênio próximo da carboxila. Além da comparação entre o ácido acético e o ácido propanoico, cujos valores de K_a foram mostrados anteriormente, os valores de K_a , a 25 °C, dos ácidos carboxílicos butanoico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, $K_a = 1,5 \cdot 10^{-5}$) e pentanoico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, $K_a = 1,5 \cdot 10^{-5}$) também ilustram o que foi dito.

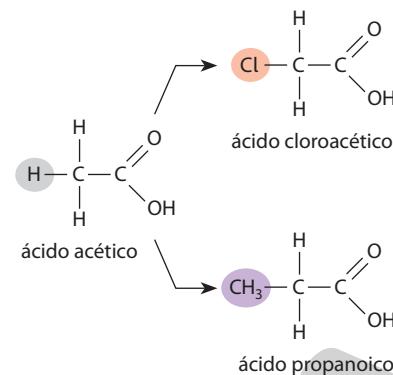


Figura 2 Relação entre as fórmulas estruturais dos ácidos: acético, cloroacético e propanoico.

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				

Figura 3 Eletronegatividade de elementos químicos dos grupos 1, 2 e de 13 a 17 da tabela periódica. Essa grandeza é adimensional (sem unidade). São apresentados os valores propostos pelo químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994), com pequenas correções mais recentes.

Fonte consultada: BROWN, T. L. et al. *Chemistry: the Central Science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

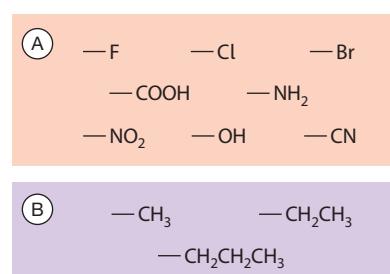
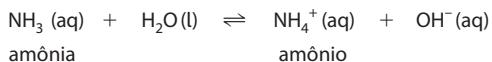


Figura 4 Exemplos de grupos com efeito induutivo eletroatraente (A) e de grupos constituidos de átomos de carbono e hidrogênio e que **não** apresentam efeito induutivo eletroatraente (B).

Fonte consultada: CAREY, F. A.; SUNDBERG, R. J. *Advanced Organic Chemistry; Part A: Structure and Mechanisms*. 5. ed. Nova York: Springer, 2007.

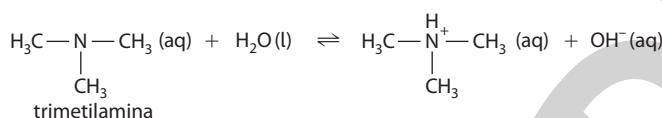
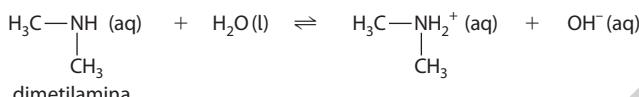
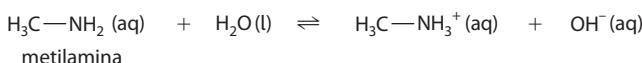
4. Basicidade na Química Orgânica

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 final do Item 1 do Capítulo 6.



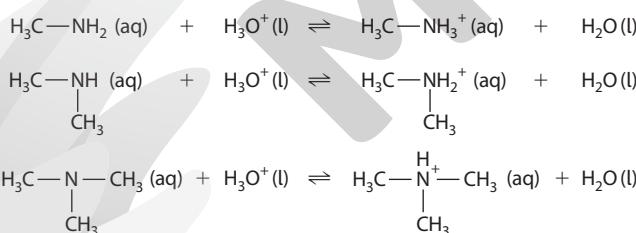
Nesse processo, há transferência de um H⁺ da água para a amônia. Após perder H⁺, a molécula de água se transforma em ânion (íon negativo) hidróxido, OH⁻, e, após receber H⁺, a molécula de amônia se transforma em cátion (íon positivo) amônio, NH₄⁺.

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 , $\text{—CH}_2\text{CH}_3$ ou $\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$. 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:

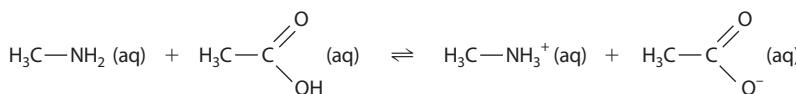


Em todos esses casos, ocorre transferência de íons H⁺ da molécula de água para a molécula de amina, processo que transforma a água em íon hidróxido e a amina em um íon genericamente denominado cátion amônio orgânico.

O caráter básico das aminas também é evidenciado por sua reação com ácidos. No caso de ácidos fortes em solução, como HCl, HNO₃ ou H₂SO₄, os íons oxônio (H₃O⁺) 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 e seu grau de ionização é pequeno, 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 dimetilamina em fase gasosa (Fig. 5).

Dialogando com o texto

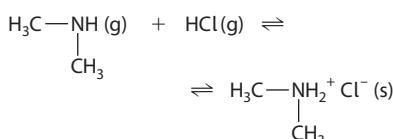
O íon H^+ transferido entre duas espécies químicas (moléculas ou íons) pode ser chamado de **próton**, pois corresponde ao núcleo de um átomo de hidrogênio, que, na maioria dos casos (99,99% deles), é constituído de apenas um próton.

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 esta página, determine qual espécie foi protonada e qual foi desprotonada em cada uma das reações equacionadas.



Figura 5 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 dimetilâmônio). Esse experimento NÃO deve ser feito pelos estudantes porque as soluções desprendem gases tóxicos e muito corrosivos.

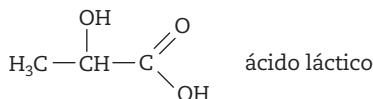
Aplicando conhecimentos



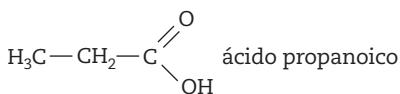
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. O sabor azedo de iogurtes e coalhadas deve-se à presença de ácido láctico, cuja fórmula estrutural é a seguinte:

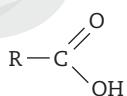


- a) Reproduza essa fórmula no caderno e identifique nela os dois grupos funcionais presentes.
 b) Indique a que classes funcionais esse composto pertence devido à presença dos grupos funcionais respondidos anteriormente.
 c) Considerando que um desses dois grupos funcionais confere acidez ao composto, equacione a ionização do ácido láctico em solução aquosa.
2. O valor numérico da constante de ionização do ácido propanoico, cuja fórmula estrutural é mostrada a seguir, é $K_a = 1,4 \cdot 10^{-5}$, a 25 °C.



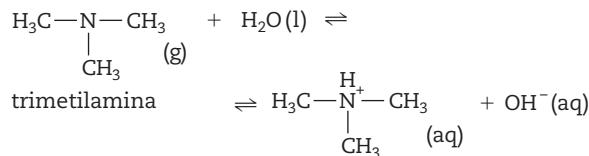
- Já o valor numérico da constante de ionização do ácido láctico, cuja fórmula estrutural foi mostrada na atividade anterior, é $K_a = 1,4 \cdot 10^{-4}$, a 25 °C.
 a) Qual dos dois compostos apresenta maior força ácida?
 b) Em termos estruturais das moléculas, como pode ser explicada essa diferença de acidez?
3. 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, $\text{Mg}(\text{OH})_2(s)$. A parte líquida desse produto é uma solução aquosa de hidróxido de magnésio, na qual esse soluto está dissociado em cátions magnésio, $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$, e ânions hidróxido, $\text{OH}^-(\text{aq})$, 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:



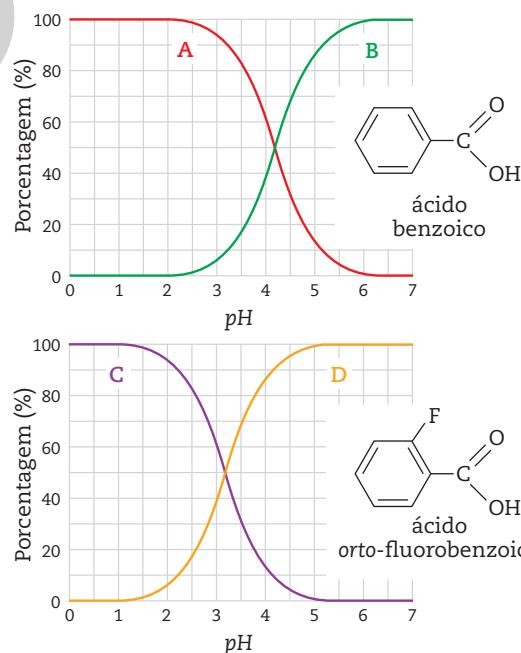
em que R representa o restante da molécula. Equacione a reação química, em solução aquosa, entre esse ácido e os íons que respondeu no item anterior e explique por que a ocorrência dessa reação diminui o cheiro do suor.

4. 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 possilita diminuir ou eliminar esse mau cheiro. (Observação: após o procedimento, o odor de vinagre pode ser removido com água e detergente.)

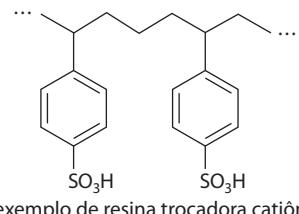
5. Dos gráficos a seguir (de distribuições de espécies em função do pH do meio aquoso, a 25 °C), as curvas A e B referem-se à ionização do ácido benzoico e as curvas C e D referem-se à ionização do ácido orto-fluorobenzoico, cujas fórmulas são mostradas ao lado dos gráficos.
 a) Equacione a ionização de cada ácido e relate as curvas às espécies molecular e iônica.
 b) Com base nos gráficos, deduza qual dos ácidos é o mais forte e justifique, em termos estruturais, por que ele apresenta maior força.



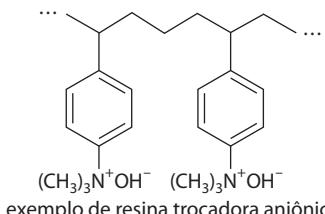
Fonte consultada: HAYNES, W. M. (ed.). CRC handbook of Chemistry and Physics. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

5. Resinas trocadoras de íons

Uma importante aplicação do conceito de deslocamento de equilíbrio envolvendo acidez e basicidade em Química Orgânica são as **resinas trocadoras de íons**, materiais que, em contato com uma solução aquosa em que há íons dissolvidos, têm a potencialidade de substituir esses íons por outros. Para esclarecer, consideremos duas resinas trocadoras cujas fórmulas estruturais são:

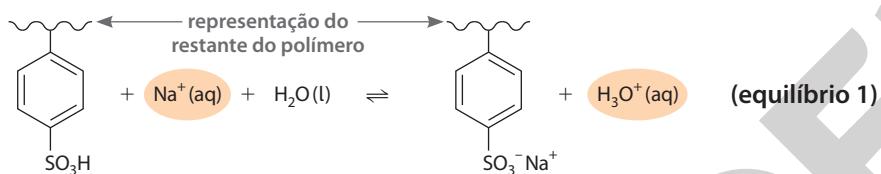


exemplo de resina trocadora catiônica

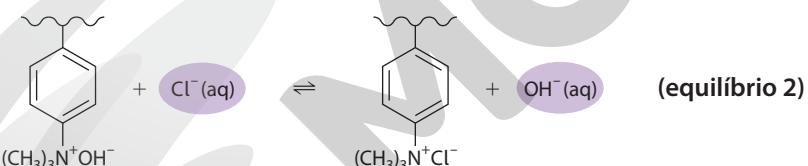


exemplo de resina trocadora aniónica

Essas duas fórmulas representam polímeros, moléculas muito grandes (macromoléculas) em que existe um padrão estrutural repetitivo. Na resina trocadora de cátions, os grupos funcionais ácido sulfônico ($-\text{SO}_3\text{H}$) podem ter seu átomo de hidrogênio ionizado e, em seu lugar, pode permanecer um cátion proveniente da solução aquosa (por exemplo, Na^+), estabelecendo ligação iônica como o grupo ácido sulfônico ionizado ($-\text{SO}_3^- \text{Na}^+$). O equilíbrio envolvido na substituição de Na^+ da solução por H_3O^+ é assim equacionado:



Já na resina trocadora de ânions dada como exemplo, os ânions hidróxido (OH^-) que estão ionicamente ligados aos grupos amônio quaternário (nos quais existe um átomo de nitrogênio com carga elétrica positiva ligado a quatro átomos de carbono) podem ser liberados para o meio aquoso, sendo trocados por ânions provenientes da solução (por exemplo, Cl^-), que permanecerão ionicamente ligados aos grupos amônio quaternário. O equilíbrio envolvido na substituição de Cl^- da solução por OH^- é assim equacionado:



Essas resinas são comercializadas em grânulos (Fig. 6) e são empregadas na eliminação de íons dissolvidos em água, resultando em **água deionizada**. Por exemplo, para remover os íons Na^+ (aq) e Cl^- (aq) de uma solução aquosa de NaCl usando esse método, essa solução é forçada a atravessar dois tubos consecutivos, chamados de **colunas de troca iônica**, contendo cada um grânulos de uma dessas resinas. Na primeira coluna, a alta concentração de Na^+ (aq) desloca o equilíbrio 1 no sentido de formação dos produtos, o que substitui íons Na^+ (aq) por íons H_3O^+ (aq). Na segunda coluna, a alta concentração de Cl^- (aq) desloca o equilíbrio 2 também no sentido de formação dos produtos, substituindo íons Cl^- (aq) por íons OH^- (aq). Imediatamente em seguida, ocorre a reação química entre H_3O^+ (aq) e OH^- (aq), que produz água: $\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Resinas trocadoras são empregadas, por exemplo, na purificação de água para uso em indústrias e laboratórios, na remoção de íons de metais pesados – altamente tóxicos – de soluções aquosas e na substituição de um íon por outro na produção de determinados medicamentos.

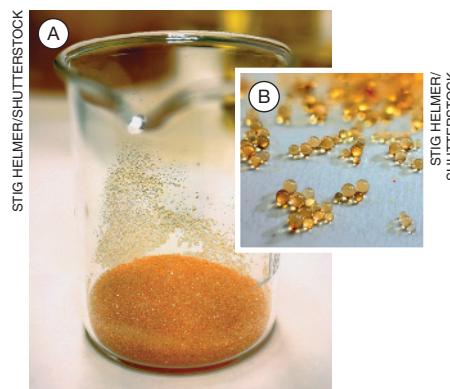


Figura 6 As resinas trocadoras são produzidas sob a forma de grânulos em diversas opções de diâmetro médio. (A) Resina trocadora de cátions com grânulos de diâmetro médio 0,5 mm. (B) Foto ampliada desses grânulos.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

As resinas trocadoras são apenas um dos métodos existentes para eliminar de um meio aquoso espécies químicas indesejáveis.

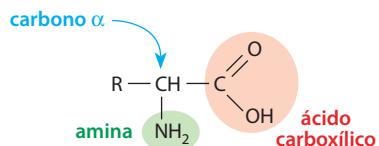
Existem muitos outros e vários deles são importantes para minimizar problemas associados aos **efluentes industriais**, líquidos resultantes de atividades realizadas por indústrias. No Brasil, há leis que proíbem o descarte no meio ambiente de efluentes que não estejam de acordo com as normas estabelecidas.

Pesquise os problemas ambientais que podem ser causados por diferentes efluentes industriais (composição, toxicidade e efeitos sobre os processos naturais) e quais são os procedimentos tecnológicos para realizar o **tratamento de efluentes**, a fim de que não representem risco à saúde humana nem ao meio ambiente.

Elaborem um vídeo de divulgação científica explicando à população os problemas ligados aos efluentes, incluindo possíveis efeitos sobre a biodiversidade. Falem do tratamento de efluentes, da importância de políticas ambientais para garantir a sustentabilidade do planeta e proponham atitudes que a sociedade deve ter em relação aos problemas relatados. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

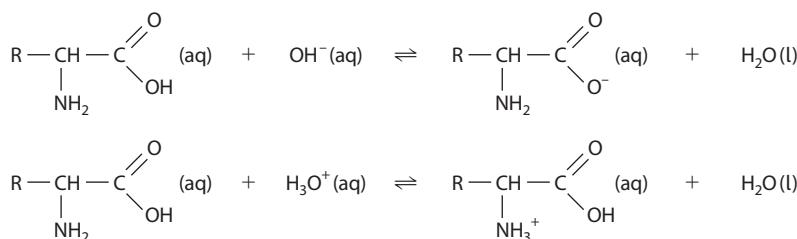
6. Caráter anfótero na Química Orgânica

As proteínas existentes nos seres vivos são sintetizadas nas células a partir de compostos denominados α -aminoácidos. Todos eles possuem em comum a estrutura que está representada abaixo. 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 ($-\text{NH}_2$) está ligado ao carbono α (alfa), nome dado ao átomo de carbono vizinho ao grupo $-\text{COOH}$.

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.

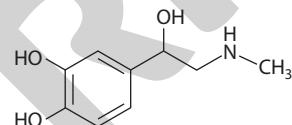
De modo geral, podemos dizer que uma substância orgânica possuirá caráter anfótero se apresentar um grupo funcional de propriedades ácidas (ácido sulfônico, ácido carboxílico, fenol) e outro de propriedades básicas (amina).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

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.

Em destaque

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Serotonina e depressão

A serotonina é importante neurotransmissor e 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. Neurônios serotoninérgicos também existem no trato gastrointestinal e ao redor de vasos sanguíneos.

Fonte consultada: KATZUNG, B. G. (ed.). *Basic Clinical Pharmacology*. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018. p. 285-286. (Tradução dos autores.) (Adaptado.)

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.

Fonte consultada: DEVLIN, T. M. *Manual de Bioquímica com correlações clínicas*. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 808. (Adaptado.)

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?
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. 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 de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Aplicando conhecimentos

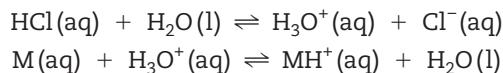


Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

6. 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 xilocaina, 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.)

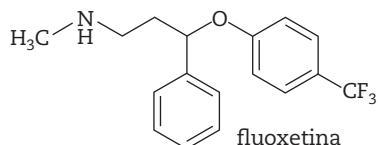
Se representarmos por M a molécula desses fármacos, podemos dizer que, quando reagem com ácido clorídrico, HCl(aq), origina-se um cátion MH^+ (aq) e um ânion Cl^- (aq):



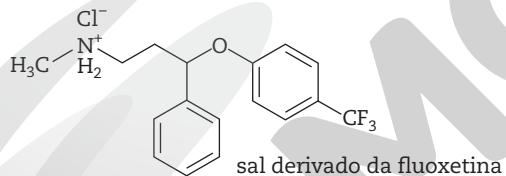
Com a evaporação da água, cristaliza-se um sólido de fórmula MH^+Cl^- (s), um sal orgânico de amônio.

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.

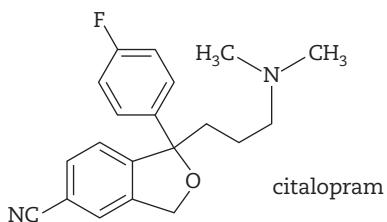
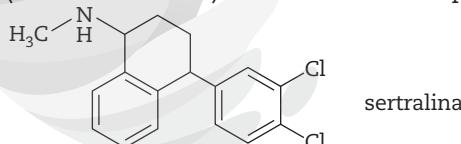
Para exemplificar, considere a droga antidepressiva fluoxetina, cuja fórmula estrutural é:



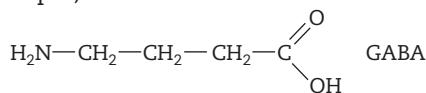
Os comprimidos contendo esse fármaco não contêm essa molécula, mas o sal assim representado:



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.



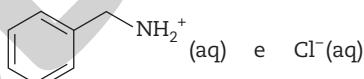
7. A substância conhecida como GABA (ácido gamma-amino-butírico ou ácido 4-amino-butanoico) está naturalmente presente em nosso organismo, atuando como neurotransmissor em algumas áreas do cérebro e sendo de fundamental importância para o funcionamento do sistema nervoso. Distúrbios no metabolismo desse composto podem provocar, por exemplo, crises convulsivas.



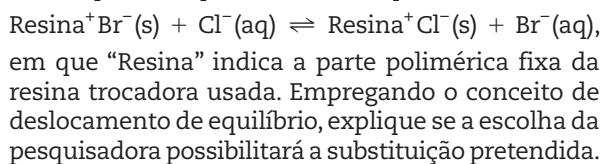
Em dois experimentos (I e II), uma pesquisadora misturou soluções aquosas desse composto com:

- solução aquosa de ácido clorídrico, HCl(aq);
 - solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq).
- Reproduza a fórmula estrutural do GABA no caderno e indique os grupos funcionais presentes.
 - Apresente uma argumentação que explique por que esse composto apresenta caráter anfótero.
 - Equacione a reação do GABA no experimento I.
 - Equacione a reação do GABA no experimento II.

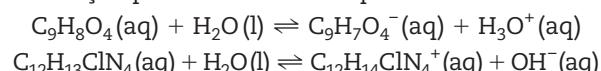
8. Em um laboratório de pesquisas farmacêuticas, uma cientista estava trabalhando com uma solução aquosa de um fármaco na qual existiam os seguintes íons dissolvidos:



Ela precisava substituir os ânions Cl^- (aq) por ânions Br^- (aq), para isolar o sal e estudar suas propriedades. Para tentar fazer a substituição, ela empregou uma resina trocadora de ânions que pode estabelecer o equilíbrio químico assim equacionado:



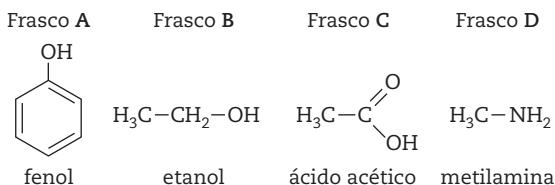
9. Diversos fármacos são ácidos ou bases orgânicas relativamente fracos que, em solução aquosa, estabelecem equilíbrios de ionização, como o antitérmico ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$) e o antimarialíco pirimetamina ($C_{12}H_{13}ClN_4$), cujos equilíbrios de ionização podem ser assim equacionados:



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.



- 1.** (PUC-SP) Os frascos A, B, C e D apresentam soluções aquosas das seguintes substâncias:



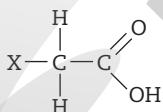
Determine a opção que realiza corretamente a atribuição de pH a essas soluções:

	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

- 2.** (Fazu-MG) Os odores desagradáveis da transpiração são devidos a ácidos carboxílicos presentes no suor. Os desodorantes que contêm bicarbonato de sódio diminuem esses odores, pois ao reagirem com os ácidos formam sais. A equação química que justifica o texto é:

- a) $\text{RCO}_2\text{H} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{RCO}_2\text{Na} + \text{NaHCO}_3$
- b) $\text{RCH}_2\text{OH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{RCO}_2\text{Na} + \text{NaHCO}_3$
- c) $\text{RCO}_2\text{H} + \text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{RCO}_2\text{Na} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{RCH}_2\text{OH} + \text{NaHCO}_3 \rightleftharpoons \text{RCO}_2\text{Na} + \text{Na}_2\text{CO}_3$
- e) $\text{RCOOH} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{RCO}_2\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$

- 3.** (Uerj) Os ácidos orgânicos, comparados aos inorgânicos, são bem mais fracos. No entanto, a presença de um grupo substituinte, ligado ao átomo de carbono, provoca um efeito sobre a acidez da substância, devido a uma maior ou menor ionização. Considere uma substância representada pela estrutura abaixo.



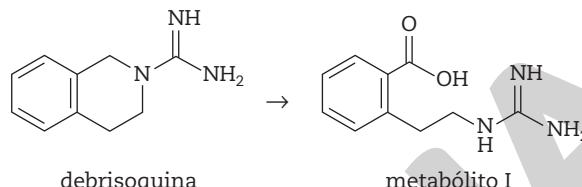
Essa substância estará mais ionizada em um solvente apropriado quando X representar o seguinte grupo substituinte:

- a) H
- b) I
- c) F
- d) CH_3

- 4.** (ITA-SP) Assinale a opção que apresenta o ácido mais forte, considerando que todos se encontram nas mesmas condições de concentração, temperatura e pressão.

- a) CH_3COOH
- b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- c) $(\text{CH}_3)_3\text{CCOOH}$
- d) ClCH_2COOH
- e) Cl_3CCOOH

- 5.** (UFMG) Certas enzimas do fígado de mamíferos são responsáveis pela transformação química de substâncias ingeridas por esses animais ou neles injetadas. A debrisoquina, um anti-hipertensivo ainda em uso, ao ser metabolizada no fígado, pode gerar subprodutos com potencial carcinogênico. A estrutura da debrisoquina e a de um de seus metabólitos – denominado, nesse caso, metabólito I – estão representadas neste esquema reacional:



Na estrutura do metabólito I, há dois grupos com características acidobásicas: o pK_a do grupo COOH é de 4,2; e o pK_a do grupo guanidino protonado, $[-\text{NH}-\text{C}(\text{NH}_2)_2]^+$, é de 13,1. Sabe-se que grupos com pK_a menor que 7 se apresentam desprotonados em $\text{pH} = 7$, e que os com pK_a maior que 7 se apresentam protonados. Represente a estrutura do estado de protonação mais provável do metabólito I em pH fisiológico de 7,4. Nessa representação, utilize apenas fórmulas estruturais de traços e/ou linhas.

- 6.** (Unicamp-SP) O glutamato monossódico (hidrogenoglutamato de sódio) utilizado para reforçar o aroma e o sabor de produtos alimentícios (umami) é um sal derivado do ácido glutâmico, um dos vinte aminoácidos essenciais. O nome sistemático desse aminoácido é ácido 2-aminopentanodíoco. Ele pode ser descrito simplificadamente como “uma molécula formada por uma cadeia de cinco átomos de carbono com duas extremidades de grupos carboxílicos e um grupo amino ligado ao carbono adjacente a um dos grupos carboxílicos”.

- a) A partir da descrição, escreva a fórmula estrutural do ácido glutâmico.
- b) Fazendo reagir o ácido glutâmico descrito com uma base, é possível preparar o hidrogenoglutamato de sódio. Escreva a equação química dessa reação de preparação do hidrogenoglutamato de sódio a partir do ácido glutâmico.

- 7.** (Unifesp) Glicina, o α -aminoácido mais simples, se apresenta na forma de um sólido cristalino branco, bastante solúvel na água. A presença de um grupo carboxila e de um grupo amino em sua molécula faz com que seja possível a transferência de um íon hidrogênio do primeiro para o segundo grupo em uma espécie de reação interna ácido-base, originalmente um íon dipolar, chamado de “zwitterion”.

- a) Escreva a fórmula estrutural da glicina e do seu “zwitterion” correspondente.
- b) Como o “zwitterion” se comporta frente à diminuição de pH da solução em que estiver dissolvido?

REPRODUÇÃO HUMANA

CHRIS RADBURN/PA WIRE/AP PHOTO/GLOW IMAGES



À direita, Louise Brown com seu filho no colo, ao lado de sua mãe, Lesley Brown, e do fisiologista Robert Edwards, um dos responsáveis pelo procedimento de reprodução assistida (fecundação *in vitro*) pelo qual Louise foi concebida (Inglaterra, 2008).

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

Londres, 25 de julho de 1978: nasce Louise Joy Brown, o primeiro “bebê de proveta” da história da humanidade. Lesley Brown (1948-2012), mãe de Louise, tinha as tubas uterinas obstruídas e não conseguia engravidar. Em um procedimento até então inédito, o ginecologista Patrick Steptoe (1913-1988) e o fisiologista Robert Edwards (1925-2013) aplicaram injeções de hormônios em Lesley, o que induziu o amadurecimento de óvulos e preparou o útero para a gravidez. Alguns óvulos foram retirados cirurgicamente dos ovários de Lesley e transferidos para um frasco (a “proveta”), onde foram fecundados por espermatozoides do marido, John Brown. Com seis dias de vida, alguns dos embriões resultantes da fertilização *in vitro*, isto é, realizada em frascos de laboratório, foram implantados no útero de Lesley Brown. Um deles se desenvolveu e gerou Louise.

O sucesso na concepção de Louise levou milhares de mulheres que têm problemas de infertilidade a implantar em seus úteros embriões concebidos *in vitro*, no procedimento médico que hoje se denomina reprodução assistida e que se tornou comum nas clínicas especializadas em reprodução humana.

O congelamento de óvulos, ou criopreservação, é uma outra técnica usada em reprodução humana, em que os gametas congelados se preservam por tempo indeterminado. Após indução hormonal para estimular os ovários a produzir mais óvulos no ciclo menstrual, os óvulos são coletados e rapidamente congelados.

O primeiro registro de uma gravidez por fertilização de um óvulo congelado, realizada pelo ginecologista Christopher Chen, é de 1986. Desde então, e com melhorias na técnica, são várias as razões pelas quais mulheres se interessam cada vez mais pela criopreservação de seus óvulos, que deixou de ser considerada experimental apenas em 2012.

As pessoas que se submetem à reprodução assistida precisam ser devidamente aconselhadas quanto aos aspectos físicos e emocionais do procedimento, bem como quanto às taxas de sucesso, possibilidades de gravidez múltipla, riscos gestacionais inerentes à idade e decisões futuras sobre o destino de óvulos congelados não utilizados.

Neste capítulo apresentamos os aspectos básicos da reprodução humana. Temas como a sexualidade, com suas implicações comportamentais e morais, adquirem maior consistência se também forem considerados em seus aspectos biológicos. O conhecimento científico sobre o tema tem levado as pessoas a ter mais consciência da própria reprodução. Graças às técnicas de reprodução assistida, muitos casais puderam solucionar dificuldades biológicas para ter filhos. Os tratamentos variam desde injeções de hormônios e correção cirúrgica de órgãos genitais até a fertilização *in vitro* e a implantação dos embriões no útero materno.

De olho na BNCC

- EM13CNT205
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT304
- EM13LGG303

Atividade em grupo

Desde o procedimento inédito em que Louise Brown foi concebida, ocorreram muitas mudanças nas técnicas da reprodução assistida. Seu desafio nesta atividade será pesquisar, na internet, dados sobre a evolução das técnicas de reprodução assistida. Forme um grupo com alguns colegas para distribuir as tarefas de pesquisa; alguns podem ficar encarregados de obter dados numéricos, como quantas pessoas foram concebidas *in vitro* no Brasil e no mundo, enquanto outros podem se aprofundar em aspectos técnicos do procedimento de reprodução assistida. O objetivo é que seu grupo elabore um texto com informações necessárias e interessantes, mas que não seja excessivamente longo, para não desestimular a leitura dos colegas. Coloque no texto aquilo que você gostaria de saber sobre o assunto; pense em questões como: Louise tem boa saúde, como qualquer pessoa concebida por vias naturais? Como ela se sente a respeito disso do ponto de vista emocional? Compartilhe as descobertas do grupo com o restante da turma e ouça dados e informações obtidos por eles.

Conhecer os fundamentos da reprodução humana é um exercício de cidadania, não apenas por possibilitar a cada pessoa o controle da própria reprodução, mas também por levar a reflexões mais aprofundadas sobre o crescimento populacional humano, em um mundo já tão povoado.

1. Sistema genital feminino

O **sistema genital feminino** compõe-se de órgãos situados externamente ao corpo da mulher (pudendo feminino, ou vulva) e de órgãos localizados no interior do abdome (vagina, útero, um par de tubas uterinas e um par de ovários).

Pudendo feminino

O **pudendo feminino**, ou vulva, localiza-se na região baixa do ventre, entre as coxas, sendo constituído pelos lábios maiores, pelos lábios menores, pelo clitóris e pelo vestíbulo vaginal. Os **lábios maiores** são duas saliências que se estendem paralelamente da região inferior do púbis até as proximidades do ânus. Margeando-os internamente há um par de **lábios menores**, que delimitam a região denominada **vestíbulo vaginal**, onde está a entrada da vagina.

Na região anterior da vulva, perto da junção entre os lábios menores, localiza-se o **clitóris**, órgão dotado de grande sensibilidade tátil e cuja região exposta tem cerca de 1 cm de comprimento. O clitóris é constituído por tecido erétil que, durante a excitação sexual, recebe grande afluxo de sangue e fica intumescido. Esse órgão origina-se da mesma estrutura embrionária que o pênis (são órgãos homólogos), mas, diferentemente deste, não é percorrido pelo canal uretral; a uretra feminina abre-se no vestíbulo vaginal, entre o clitóris e a abertura da vagina.

No vestíbulo vaginal desembocam também os condutos provenientes de um par de **glândulas vestibulares maiores** (ou glândulas de Bartholin), produtoras de uma secreção lubrificante que facilita a penetração do pênis durante o ato sexual. Na maioria das mulheres virgens, a entrada da vagina é parcialmente recoberta por uma membrana denominada **hímen**, que geralmente se rompe no primeiro ato sexual (Fig. 1).

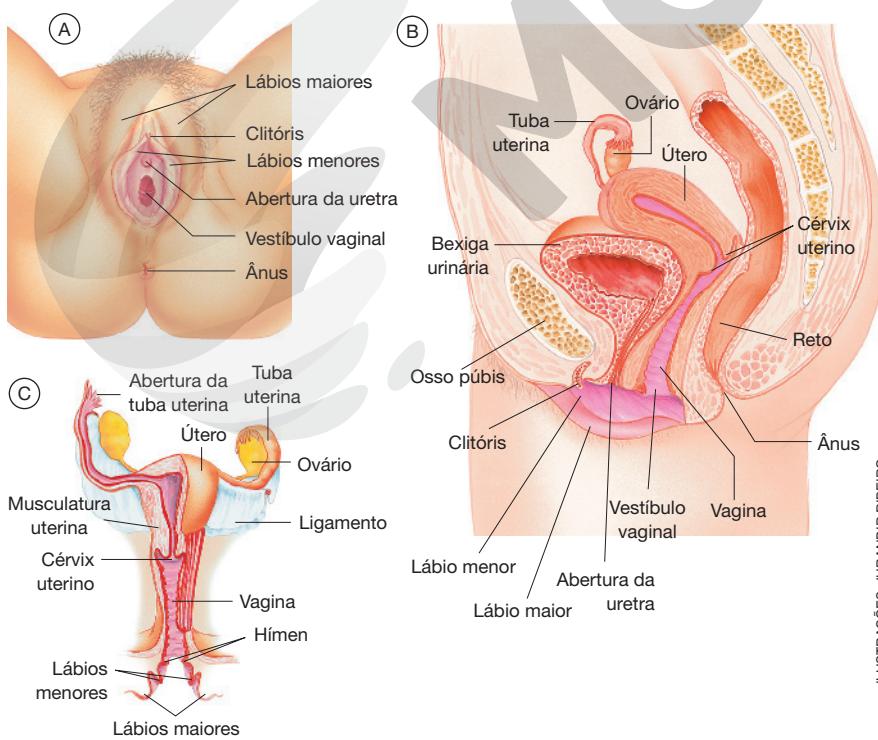


Figura 1 Representação do sistema genital feminino humano. (A) Vista frontal do pudendo feminino, ou vulva. (B) Vista lateral e em corte da região pélvica mostrando o sistema genital feminino. (C) Vista frontal e em corte dos órgãos genitais internos e da vulva. A tuba direita está representada fora da posição normal para melhor visualização. A bexiga urinária, o reto e o ânus, apesar de indicados nas figuras, não fazem parte do sistema genital. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Vagina e útero

A **vagina** é um tubo de paredes fibromusculares, com cerca de 10 cm de comprimento, que vai do vestíbulo vaginal à base do útero, com o qual se comunica. Durante a excitação sexual, as paredes da vagina se dilatam e as glândulas vestibulares secretam substâncias lubrificantes, que facilitam a penetração do pênis.

O **útero** é um órgão muscular oco, de tamanho e forma semelhantes aos de uma pera. Em mulheres que nunca engravidaram, ele mede cerca de 7,5 cm de comprimento por 5 cm de largura. A porção superior do útero, mais arredondada, conecta-se às tubas uterinas. A porção inferior do útero, mais afilada, é denominada **colo uterino** e projeta-se para o interior da vagina, comunicando-se com ela por meio de uma pequena abertura. Durante o parto, essa abertura se alarga bastante para permitir a saída do bebê.

A parede do útero tem cerca de 2,5 cm de espessura, sendo constituída por músculos capazes de grande distensão durante a gravidez. Internamente, o útero é revestido pelo **endométrio**, um tecido rico em glândulas, vasos sanguíneos e vasos linfáticos.

Tubas uterinas e ovários

As **tubas uterinas**, ou ovidutos (antigamente chamadas de trompas de Falópio), são duas estruturas tubulares com cerca de 10 cm de comprimento ligadas à parte superior do útero. Seu interior é revestido por células dotadas de cílios, cujos batimentos contribuem para o deslocamento do óvulo em direção ao útero. A extremidade livre da tuba uterina é alargada e franjada e fica perto do ovário.

Os **ovários** são duas estruturas ovoides com cerca de 3 cm de comprimento localizados na cavidade abdominal, na região da virilha. Na porção ovariana mais externa, chamada córtex ovariano, estão os ovócitos, que originarão os gametas femininos.

Cada ovócito primário está envolto por algumas camadas de células de revestimento, as células folliculares, constituindo um folículo ovariano. Ao nascer, a mulher tem cerca de 500 mil folículos em cada ovário; mais da metade, porém, degenera antes da puberdade.

A partir da puberdade, aproximadamente a cada 28 dias, alguns folículos ovarianos são estimulados a se desenvolver. No entanto, geralmente apenas um deles amadurece, acumulando líquido e crescendo a ponto de formar uma saliência na superfície do ovário. O folículo ovariano maduro então se rompe e libera o **óvulo**, fenômeno denominado **ovulação**. As células do folículo rompido na ovulação dão origem ao **corpo-amarelo**, ou corpo-lúteo, estrutura saliente na superfície do ovário e que tem cor amarelada em razão do acúmulo do pigmento carotenoide luteína.

2. Sistema genital masculino

O **sistema genital masculino** compõe-se de órgãos internos e externos. Órgãos externos são o pênis e a bolsa escrotal, ou escroto, onde se alojam os testículos. Órgãos internos são os ductos deferentes, as glândulas seminais e a próstata.

Pênis, bolsa escrotal e testículos

O **pênis** é o órgão copulador masculino. Ao longo de seu comprimento, há três massas de tecido erétil: dois corpos cavernosos laterais e um corpo esponjoso ao redor da uretra. Perto da extremidade do pênis, o corpo esponjoso expande-se e forma a glande, dotada de grande sensibilidade tática e protegida por uma dobra de pele chamada prepúcio. Os tecidos eréteis do pênis recebem grande afluxo de sangue durante a excitação sexual, intumescendo-se e levando à ereção do pênis, o que possibilita sua penetração na vagina durante o ato sexual.

O pênis é percorrido longitudinalmente pela **uretra**, canal que faz parte tanto do sistema urinário como do sistema genital masculino: pela uretra são eliminados a urina e o esperma.

A **bolsa escrotal**, ou escroto, é uma bolsa músculo-cutânea situada entre as coxas, na base do pênis; em seu interior, alojam-se os dois testículos, as gônadas masculinas.

Os **testículos** são estruturas ovoides, revestidas por tecido conjuntivo, que contêm em seu interior grande quantidade de tubos finíssimos e enovelados, os túbulos seminíferos. Nas paredes desses túbulos são produzidos os **espermatozoides**, os gametas masculinos. Entre os túbulos seminíferos situam-se as chamadas células intersticiais, responsáveis pela produção de testosterona, o hormônio sexual masculino.

Os espermatozoides recém-formados migram para o interior dos túbulos seminíferos, por onde chegam ao epidídimo, um tubo fino com cerca de 6 cm de comprimento que fica enovelado sobre o testículo. No epidídimo, os espermatozoides completam seu amadurecimento e ficam armazenados até serem eliminados na ejaculação (Fig. 2).

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

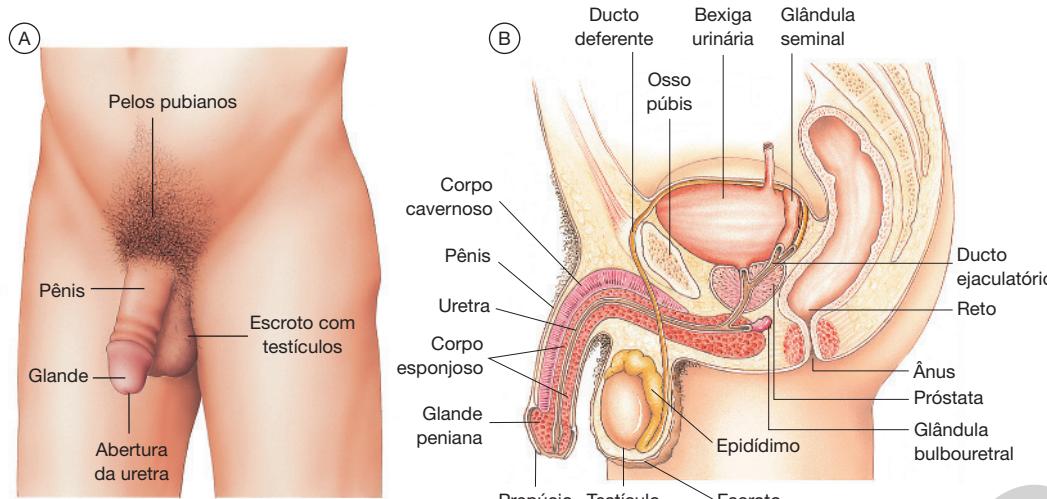


Figura 2 Representação do sistema genital masculino humano. (A) Vista externa. (B) Vista lateral e em corte mostrando órgãos internos. A bexiga urinária, o reto e o ânus, apesar de indicados na figura, não fazem parte do sistema genital. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Ductos deferentes e glândulas acessórias

Os **ductos deferentes** são dois tubos finos, com cerca de 45 cm de comprimento, situados em continuidade aos epidídimos. Eles sobem pelo abdome, contornam a bexiga urinária e unem-se no ducto ejaculatório, que desemboca na uretra.

As **glândulas seminais**, ou vesículas seminais, localizam-se atrás da bexiga urinária e eliminam sua secreção no ducto ejaculatório durante o orgasmo. Essa secreção constitui a maior parte do volume do **esperma**, ou sêmen, como é chamado o fluido formado por espermatozoides e líquidos nutritivos.

A **próstata**, localizada sob a bexiga urinária, é uma glândula com cerca de 4 cm de diâmetro que envolve a porção inicial da uretra. A secreção prostática é lançada na uretra e no ducto ejaculatório por meio de diversos canais. Embaixo da próstata, desembocando na uretra, há um par de **glândulas bulbouretrais**. Durante a excitação sexual, essas glândulas liberam um líquido que contribui para a limpeza do canal uretral antes da passagem do esperma.

No clímax da excitação sexual masculina, ocorre a **ejaculação**, processo de eliminação do esperma pela uretra. O volume de esperma eliminado em cada ejaculação é de aproximadamente 5 mL e contém cerca de 350 milhões de espermatozoides.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

A sexualidade humana é um assunto polêmico, que pode envolver preconceitos e regras de conduta diversas. Na área do comportamento sexual há grande diversidade de práticas e de opiniões. Nossa sugestão é que você e alguns colegas organizem um grupo de pesquisa para verificar a opinião das pessoas sobre a seguinte questão: o sexo deve sempre ter finalidade reprodutiva? Quais seriam suas outras eventuais finalidades? Entreviste diversas pessoas, de diferentes idades e graus de instrução. Anote ou grave suas entrevistas. Discuta o assunto com pais, colegas e professores.

3. Hormônios relacionados à reprodução

A **puberdade** humana é marcada por grandes transformações no corpo e na mente dos adolescentes. O desenvolvimento físico e mental se acelera e começam a ser definidas as características sexuais secundárias típicas de nossa espécie. Nas meninas, os seios desenvolvem-se, as curvas corporais se acentuam e surgem pelos axilares e pubianos. Nos meninos, além desses pelos, desenvolve-se barba, a voz engrossa e a musculatura torna-se mais densa. Isso para citar apenas algumas das muitas transformações que ocorrem nessa fase da vida humana. Todas essas alterações são desencadeadas por **hormônios sexuais**, secreções produzidas por glândulas endócrinas e liberadas diretamente no sangue.

Gonadotrofinas: FSH e LH

As mudanças fisiológicas que ocorrem na puberdade são controladas por dois hormônios principais, o **hormônio estimulante do folículo (FSH)** e o **hormônio luteinizante (LH)**, ambos produzidos pela adenoipófise, o lobo anterior de hipófise. A hipófise é uma pequena glândula endócrina com cerca de 1 cm de diâmetro localizada na base do encéfalo.

Esses dois hormônios hipofisários são chamados de **gonadotrofinas** (do grego *trophos*, “nutrição”, “desenvolvimento”), porque atuam promovendo a ativação das gônadas. Nos meninos, o FSH e o LH agem sobre os testículos, estimulando a produção da testosterona. Nas meninas, o FSH atua sobre os ovários, estimulando a produção de hormônios e promovendo o desenvolvimento dos folículos ovarianos, enquanto o LH é responsável pela ovulação, processo de ruptura do folículo maduro e liberação do óvulo. O conjunto de células foliculares resultantes da ruptura do folículo adquire uma coloração amarelada originando o corpo-amarelo, ou corpo-lúteo.

Estrógeno e progesterona

O **estrógeno** é produzido principalmente pelas células do folículo ovariano em desenvolvimento e determina o aparecimento das características sexuais secundárias da mulher. Esse hormônio também induz o amadurecimento dos órgãos genitais e promove o impulso sexual.

A **progesterona**, produzida principalmente pelo corpo-amarelo ovariano, é fundamental no processo reprodutivo: em conjunto com o estrógeno, ela atua na preparação da parede uterina para receber o embrião.

Testosterona

A **testosterona**, hormônio produzido pelas células intersticiais dos testículos, é responsável pelo aparecimento das características sexuais secundárias masculinas. A testosterona também induz o amadurecimento dos órgãos genitais, promove o impulso sexual e, juntamente com o FSH e o LH, estimula a produção de espermatozoides.

A testosterona começa a ser produzida ainda na fase embrionária dos embriões masculinos; é sua presença que determina o desenvolvimento dos órgãos genitais masculinos. A ausência de testosterona ou a falta de receptores para esse hormônio nas células do embrião fazem com que ele desenvolva sexo feminino.

Controle hormonal do ciclo menstrual

A partir da puberdade, a mulher entra na fase reprodutiva, que se estende até os 50 anos de idade aproximadamente. Nesse período, a cada 28 dias, em média, o organismo feminino prepara-se para uma possível gravidez: ocorre ovulação e desenvolve-se o revestimento da parede uterina, o endométrio, para a eventualidade de receber um embrião.

Se a fecundação não ocorre, o revestimento interno do útero descama e é eliminado pela vagina com sangue, fenômeno denominado **menstruação**. O período menstrual dura entre 3 e 7 dias e ocorre a cada 28 dias, em média, dependendo da mulher e de suas condições fisiológicas. O intervalo entre o início de uma menstruação e o início da seguinte é chamado **ciclo menstrual**.

A partir da menstruação, quando um novo ciclo menstrual se inicia, a produção de FSH pela adenoipófise aumenta gradativamente e promove o desenvolvimento do folículo ovariano, que passa a produzir o hormônio estrógeno. Este, por sua vez, induz o espessamento do endométrio, que se torna rico em vasos sanguíneos e em glândulas.

Quando a taxa sanguínea de estrógeno atinge determinado nível, a adenoipófise é estimulada a liberar LH. A ação conjunta desses hormônios induz a ruptura de um folículo maduro – a ovulação –, que ocorre geralmente por volta do décimo quarto dia a partir do início do ciclo menstrual. O LH, presente no sangue em taxas elevadas a partir da ovulação, passa a atuar sobre o folículo rompido, estimulando sua transformação em corpo-amarelo, ou corpo-lúteo.

O corpo-amarelo produz os hormônios progesterona e estrógeno, que atuam em conjunto sobre o útero preparando-o para uma eventual gravidez. Por outro lado, a taxa elevada desses hormônios passa a exercer um efeito inibidor sobre a adenoipófise, com diminuição da produção de FSH e LH.

Dialogando com o texto

O tema menstruação, até poucas décadas atrás, era tratado com pouca naturalidade pela maioria das pessoas. O sangramento vaginal, algumas vezes acompanhado de outros sintomas provocados pela queda hormonal (desânimo, irritabilidade etc.), não era reconhecido como um fenômeno absolutamente natural do organismo feminino, parte de sua preparação periódica para uma possível gravidez. Felizmente, a evolução do conhecimento e dos costumes está colocando o assunto da menstruação em seu devido lugar. Evidentemente, as garotas podem opinar com mais propriedade sobre o tema, mas certamente os garotos também podem entender a questão e ter opiniões a respeito. Elabore um pequeno texto sobre como você entende o fenômeno “menstruação” na vida da mulher. Combine com o professor a melhor maneira de avaliar textos de colegas e de ter os próprios textos igualmente avaliados. Consulte o professor sobre uma possível discussão em sala de aula.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Se a gravidez não ocorre, a queda na taxa de LH tem como consequência direta a regressão do corpo-amarelo, que deixa de produzir estrógeno e progesterona. A redução busca nas taxas desses dois hormônios ovarianos leva à descamação da mucosa uterina, que é eliminada na menstruação. A queda nas taxas de estrógeno e de progesterona, por sua vez, faz com que a adenopitíse volte a produzir FSH, iniciando-se, assim, um novo ciclo menstrual (Fig. 3).

A produção dos hormônios sexuais femininos declina acentuadamente a partir dos 50 anos de idade da mulher, em média. Os ciclos menstruais tornam-se irregulares, até cessarem por completo. Essa fase, que marca o fim da fase reprodutiva feminina, é chamada **climatério**. Embora o termo menopausa seja popularmente empregado para denominar esse período, **menopausa** é o nome dado à última menstruação na vida da mulher.

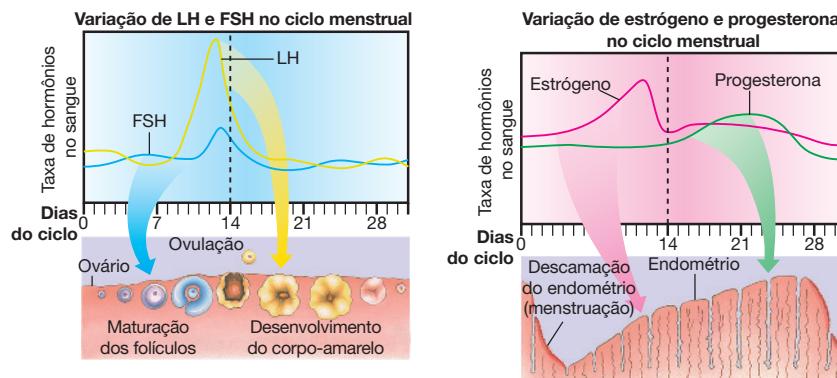


Figura 3 Gráficos que mostram a variação das taxas dos hormônios hipofisários FSH e LH e dos hormônios sexuais estrógeno e progesterona durante o ciclo menstrual. A variação desses hormônios está relacionada com as alterações do folículo ovariano e do endométrio. Analise a figura acompanhando as explicações no texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

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

4. Gravidez e parto

Fecundação e nidação

A **fecundação** ocorre na tuba uterina, em geral nas primeiras 24 horas após a ovulação. O zigoto passa pelas primeiras clivagens (divisões mitóticas), originando a mórula, que chega ao útero cerca de três dias após a fecundação. Com cerca de sete dias, o embrião encontra-se no estágio de blástula, que nos mamíferos é denominada **blastocisto**. Este se implanta na mucosa uterina, fenômeno que recebe o nome de **nidação**. Com isso inicia-se a **gravidez**, ou gestação, que se encerra com o parto, cerca de nove meses mais tarde.

Na fase de blastocisto, o embrião é uma esfera celular oca, com um pequeno aglomerado de células em um dos polos e uma cavidade cheia de líquido. A parede do blastocisto é chamada de trofoblasto; a cavidade interna é denominada blastocela; o conjunto de células internas, que ocupam parte da blastocela, constitui o embrioblasto.

As células do trofoblasto aderem à parede uterina e secretam enzimas que digerem porções do endométrio, onde o embrião se infiltra e cresce. O trofoblasto se ramifica e ocupa as cavidades abertas pela digestão enzimática; como reação à infiltração do trofoblasto, a parede uterina desenvolve muitos vasos sanguíneos na região.

As enzimas secretadas pelo trofoblasto digerem as paredes dos vasos sanguíneos, formando ao seu redor lacunas sanguíneas nas quais passa a circular sangue materno. As projeções do trofoblasto que se ramificam dentro da parede uterina, chamadas **vilosidades coriônicas**, secretam o hormônio **gonadotrofina coriônica**. A presença desse hormônio no sangue materno estimula a atividade do corpo-amarelo, o que mantém as taxas de estrógeno e de progesterona elevadas no sangue da mulher. Consequentemente, a menstruação não ocorre, o que constitui um dos primeiros sinais de gravidez. Os testes de gravidez disponíveis em farmácias têm como base a detecção de gonadotrofina coriônica na urina da mulher, o que indica a gravidez. A partir do quarto mês de gestação, o corpo-amarelo regredie, mas a mucosa uterina continua a se desenvolver graças à produção de estrógeno e progesterona pela placenta (Fig. 4).

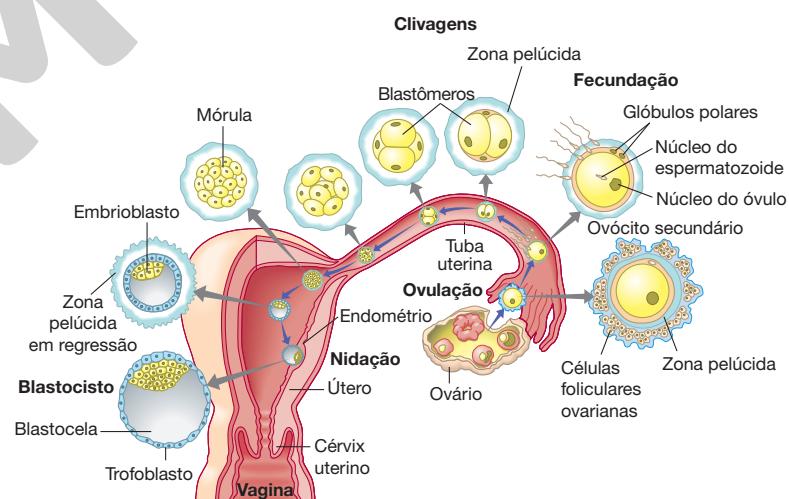


Figura 4 Representação esquemática de parte do sistema genital feminino que mostra a sequência de desenvolvimento, desde a ovulação até a nidação do embrião. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECOCO

Placenta

A **placenta** é um órgão formado pelo desenvolvimento conjunto da parede uterina e das vilosidades coriônicas do embrião. É por meio da placenta que ocorrem trocas de substâncias entre mãe e filho durante a gravidez. Alimento e gás oxigênio passam do sangue da mãe para o do filho, enquanto substâncias excretadas e gás carbônico fazem o caminho inverso. O sangue da mãe e o do embrião não se misturam na placenta; as trocas ocorrem através das paredes dos vasos sanguíneos que separam as circulações embrionária e materna.

A placenta comunica-se com o embrião pelo **cordão umbilical**, uma estrutura tubular originada conjuntamente do mesoderma e do ectoderma extraembrionários. O cordão umbilical tem em seu interior duas artérias e uma veia por meio das quais o sangue do embrião vai até a placenta e volta dela (Fig. 5).

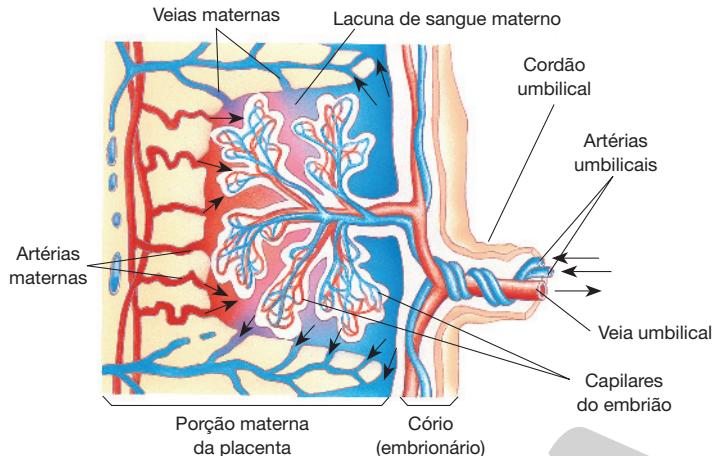


Figura 5 Representação esquemática da circulação sanguínea na placenta, um órgão compartilhado entre mãe e embrião. As setas indicam o sentido da circulação do sangue. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Fase fetal

Cerca de cinco semanas após a fecundação, os braços e as pernas do embrião humano tornam-se bem definidos e começam a apresentar contrações musculares. Na nona semana de vida (final do segundo mês), o embrião tem cerca de 2,5 cm de comprimento e aparência tipicamente humana. Nessa época tem início a formação dos ossos e o embrião passa a ser chamado **feto** (Fig. 6).

Aos cinco meses, o feto humano tem cerca de 20 cm de comprimento e pesa aproximadamente meio quilograma. Aos sete meses, ele já apresenta boas chances de sobrevivência, se porventura ocorrer seu nascimento prematuro.

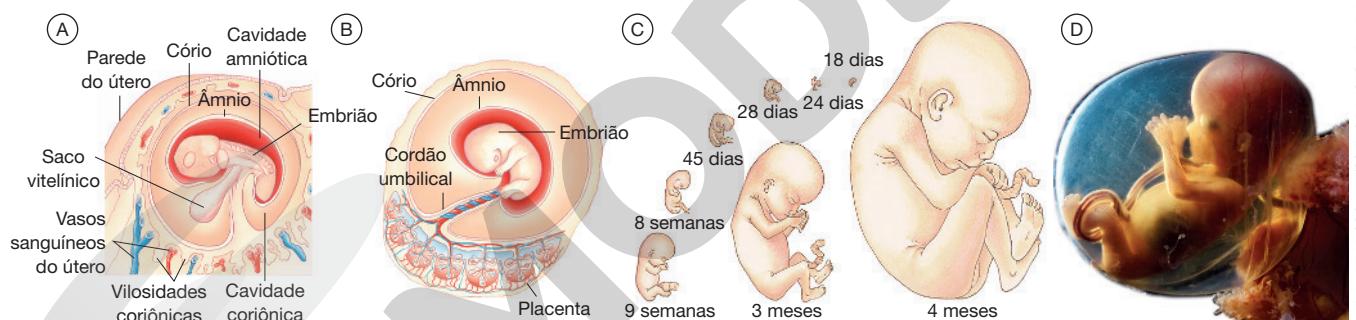


Figura 6 (A) Representação esquemática de corte de um embrião humano com cerca de 27 dias e seus anexos embrionários. (B) Representação esquemática de corte de um embrião de 45 dias, com a placenta e o cordão umbilical formados. (C) Representação esquemática em que se compara o tamanho relativo de embriões humanos de diferentes idades. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) (D) Fotografia de feto humano com 16 semanas de gestação e cerca de 12 cm de comprimento.

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Parto

O **parto** natural consiste na expulsão do feto por contrações rítmicas da musculatura uterina; em geral, isso ocorre ao fim do nono mês de gravidez, aproximadamente 266 dias após a fecundação. Nessa época, o feto humano mede aproximadamente 50 cm de comprimento e pesa, em média, de 3 kg a 3,5 kg.

No momento do parto, o colo do útero dilata-se e a musculatura uterina passa a se contrair ritmicamente, induzida pelo hormônio **oxitocina**, liberado pela porção posterior da hipófise da gestante (neuroipófise). A bolsa amniótica se rompe e o líquido nela contido extravasa pela vagina. O feto é gradualmente empurrado para fora do útero por contrações vigorosas da musculatura uterina. A vagina dilata-se e permite a saída do bebê.

A placenta desprende-se da parede uterina e é expulsa pela vagina com o sangue proveniente dos vasos sanguíneos maternos rompidos. Nesse momento, no parto assistido, o cordão umbilical que liga o feto à placenta é cortado e amarrado (Fig. 7).



ILUSTRAÇÕES:
JUANDIR RIBEIRO

Figura 7 Representação esquemática de algumas etapas do parto natural. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Escreva, em seu caderno, o termo abaixo que substitui corretamente a marca entre parênteses das frases de 1 a 3.

- a) estrógeno
- b) FSH (hormônio estimulante do folículo)
- c) LH (hormônio luteinizante)
- d) progesterona
- e) testosterona

1. A formação do corpo-amarelo tem como consequência a elevação significativa da taxa de () no sangue, o que inibe a produção das gonadotrofinas hipofisárias.

2. A ovulação e a formação do corpo-amarelo são induzidas pelo hormônio ().
3. O impulso sexual e o desenvolvimento das características sexuais secundárias são promovidos, na mulher, pelo(a) () e, no homem, pelo(a) ().
4. O sangue do feto não se mistura com o sangue materno, mas eles circulam muito próximos, nas lacunas de um órgão em que ocorrem trocas de substâncias entre mãe e filho. Qual é esse órgão?
 - a) Bolsa amniótica.
 - b) Placenta.
 - c) Ovário.
 - d) Útero.

Gêmeos

Normalmente a mulher libera apenas um óvulo a cada ciclo menstrual. Eventualmente, porém, pode ocorrer a liberação de dois óvulos (ou mesmo mais). No caso de serem liberados dois óvulos, se ambos forem fecundados, formam-se dois zigotos; se ambos se desenvolverem, nascerão dois bebês na mesma gravidez, portanto, gêmeos. Nesse caso, as crianças podem ser tão diferentes quanto quaisquer irmãos, podendo inclusive ter sexos distintos, sendo chamados **gêmeos dizigóticos**, ou gêmeos fraternos. O termo dizigótico enfatiza a origem dos gêmeos, formados a partir de dois zigotos diferentes.

Há casos, porém, em que um único zigoto pode originar dois ou mais indivíduos, que serão idênticos do ponto de vista genético; consequentemente, eles têm mesmo sexo e costumam ser muito parecidos fisicamente. Esses são os **gêmeos monozigóticos**, bem menos frequentes que os dizigóticos: de cada quatro pares de gêmeos nascidos, apenas um é monozigótico.

Em aproximadamente 30% dos casos, os gêmeos monozigóticos formam-se até o terceiro dia após a fecundação, quando o embrião ainda se encontra no estágio de mórula. Nesse caso a mórula separa-se em dois grupos de blastômeros, que prosseguem o desenvolvimento independentemente um do outro, originando dois blastocistos. Em 70% dos casos, a formação dos gêmeos monozigóticos ocorre entre o quarto e o décimo quarto dia de vida embrionária, pela divisão do blastocisto. Mais raramente os gêmeos monozigóticos surgem quando o disco embrionário já está presente, ou seja, quando o hipoblasto e o epiblasto já se formaram.

Em raríssimos casos, gêmeos monozigóticos podem nascer ligados por uma parte do corpo, sendo conhecidos por **xipofágos**. Há diversos graus de compartilhamento de tecidos e órgãos entre esse tipo de gêmeos. Em alguns casos, a separação cirúrgica é possível, permitindo a sobrevivência de ambos os gêmeos. Em outros, a cirurgia pode levar à morte de um deles; em outros casos, ainda, a separação é impossível, pois levaria ambos à morte. Essa questão tem sido motivo de grande debate entre médicos e religiosos em virtude das questões éticas e morais envolvidas (Fig. 8).

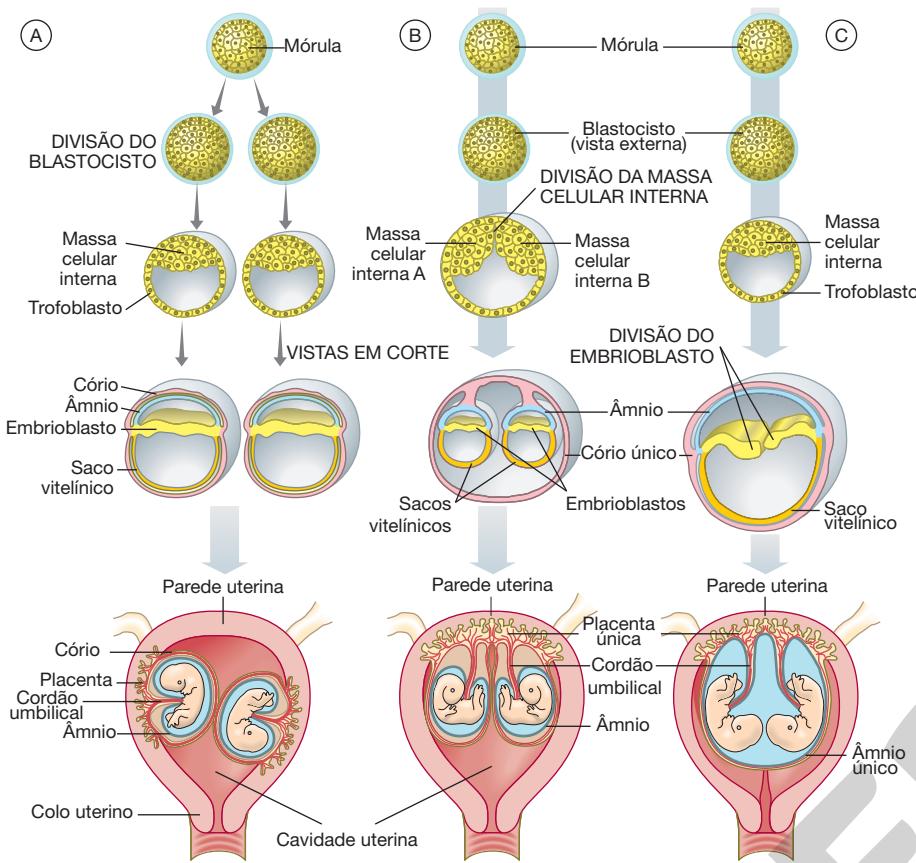


Figura 8 Representação esquemática das diferentes maneiras de formação de gêmeos monoizôgotos. (A) Gêmeos formados precocemente pela divisão da mórula em dois blastocistos distintos; eles podem se implantar em regiões distantes do útero ou compartilhar a mesma região uterina da placenta. (B) Gêmeos formados pela divisão do embrioblasto têm âmnio e cordão umbilical separados, compartilhando o cório e a placenta. (C) Gêmeos formados tardeamente a partir da divisão do embrioblasto compartilham o cório, o âmnio e a placenta; apenas seus cordões umbilicais são separados. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de GILBERT, S. F. Biologia do desenvolvimento. 5. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 2003.

5. O controle da reprodução humana

O conhecimento científico sobre a reprodução humana vem garantindo às pessoas a possibilidade de controlar conscientemente a reprodução. Além do método natural de controle, baseado apenas no conhecimento do ciclo reprodutivo, há também vários métodos anticoncepcionais eficazes, como a pílula, a camisinha, o diafragma e o DIU (dispositivo intrauterino), entre outros. Em uma sociedade democrática, espera-se que a utilização ou não de métodos anticoncepcionais seja uma livre escolha individual, de acordo com os valores e as crenças de cada um.

Métodos contraceptivos

Contracepção é a prevenção deliberada da gravidez. A maneira mais óbvia e segura de prevenir a gravidez é a abstinência de relações sexuais, pelo menos durante o período fértil da mulher, em que existe a possibilidade de haver ovulação.

Ao longo da história, a humanidade tem desenvolvido diversos métodos para evitar a gravidez, genericamente denominados **métodos contraceptivos**, ou métodos anticoncepcionais.

Os métodos contraceptivos podem atuar em diferentes etapas do processo reprodutivo. Alguns impedem que os gametas masculinos e femininos se encontrem; outros impedem que a mulher produza gametas; outros, ainda, impedem a implantação do embrião recém-formado na mucosa uterina.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Em 1844 o escritor francês Alexandre Dumas (1802-1870) publicou o romance *Os irmãos corsos* (no original, *Les frères corses*). O livro traz a história de dois gêmeos unidos (ou siameses) nascidos na ilha de Córsega, separados cirurgicamente e criados em ambientes diferentes. Considere a possibilidade de ler o livro, contando para isso com a ajuda de seus professores de Português, ou mesmo pesquisando em sites na internet ou em livrarias digitais. Procure também informações sobre os gêmeos siameses *Chang e Eng*, cuja história de vida é interessante e já foi tema de diversos textos e do livro intitulado *Chang e Eng*, de autoria de Darin Strauss, cuja tradução para o português foi publicada pela editora Companhia das Letras, em 2001. Há vários aspectos a serem pesquisados ou analisados com relação ao tema. Como se sentiam os irmãos *Chang e Eng* quanto a sua condição física? Eles ganharam a vida explorando sua característica física e casaram-se com duas irmãs. Ao fim de suas pesquisas, escreva um texto sobre os aspectos que mais lhe despertaram interesse na questão dos gêmeos unidos.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Atividade em grupo

Para esta atividade sugerimos que a sala seja dividida em dois grupos, para realizar um debate sobre a validade ou não do congelamento de óvulos que ocorre na técnica de reprodução assistida. Um grupo poderia se posicionar a favor do congelamento e o outro, contra. Cada grupo pode se subdividir para realizar pesquisas e elaborar argumentos que sustentem a posição do grupo, levando em conta dados científicos, aspectos éticos e socioeconómicos, entre outros. O grupo pode contar com o auxílio voluntário de um membro, que organize por escrito os argumentos levantados.

No dia marcado para o debate, que pode ser realizado na presença de outras turmas da escola, cada grupo poderá apresentar sua argumentação. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Coito interrompido

Um dos métodos para evitar a gravidez é o **coito interrompido**, que consiste em retirar o pênis da vagina antes que a ejaculação ocorra. O método é pouco eficiente, pois secreções masculinas eliminadas antes da ejaculação podem conter espermatozoides. Outro motivo para o grande índice de falhas do método é a demora na retirada do pênis, que pode resultar na ejaculação ainda dentro da vagina.

Método do ritmo ovulatório, ou da tabelinha

Pode-se evitar a gravidez abstendo-se de relações sexuais durante o período fértil do ciclo menstrual. Esse método, conhecido como **método do ritmo ovulatório**, ou da tabelinha, baseia-se no fato de que o gameta feminino estará presente nos ovidutos, em condição de ser fecundado, apenas durante um curto período do ciclo menstrual, chamado **período fértil**. A mulher geralmente produz um único óvulo a cada 28 dias, que sobrevive durante, no máximo, dois dias nos ovidutos, até degenerar.

O principal problema desse método é justamente identificar qual é o período fértil da mulher, pois o dia em que ocorre a ovulação pode variar, dependendo da duração do ciclo e de outros fatores.

Pode-se estimar o dia provável da ovulação, com algum grau de acerto, com base na análise de gráficos da temperatura corporal. Na maioria das mulheres, a temperatura eleva-se cerca de 0,5 °C logo após a ovulação. O acompanhamento criterioso da temperatura corporal diária pode fornecer evidências de que a ovulação ocorreu. Estatísticas mostram que mulheres que determinam a época da ovulação por meio da tabela, com o auxílio da construção de gráficos de temperatura diária, têm porcentagem aceitável de sucesso em evitar uma gravidez indesejada, desde que sigam rigorosamente os princípios do método.

Camisinha, ou preservativo

Entre as práticas anticoncepcionais mais difundidas destaca-se o uso de barreiras mecânicas, que evitam o encontro dos gametas masculinos com o gameta feminino. A popular **camisinha**, ou preservativo, é um protetor de látex ou de outros materiais utilizado para reter o esperma ejaculado, evitando que ele seja depositado na vagina. O preservativo masculino, que envolve o pênis, e o preservativo feminino, que a mulher introduz na vagina antes da relação sexual, têm a mesma finalidade. Além de atuar como anticoncepcional, a camisinha é também eficiente na prevenção da aids e de outras infecções sexualmente transmissíveis (ISTs), antes denominadas doenças sexualmente transmissíveis (DSTs). Apesar das campanhas governamentais que incentivam o uso dos preservativos de látex, ainda é baixo entre os jovens o número dos que se utilizam desse tipo de prevenção. Segundo pesquisa realizada em 2013 no Brasil, o número de pessoas que se utilizavam de preservativo nas relações性uais era de pouco mais de 50%.

Diafragma

O **diafragma** é um anel flexível envolvido por uma fina membrana de boracha, látex ou silicone que deve ser colocado no fundo da vagina com o objetivo de fechar o colo do útero e impedir a entrada de espermatozoides. Geralmente se aplica no diafragma um creme contendo substâncias espermicidas, que contribuem para matar os espermatozoides e aumentar o índice de segurança do método (Fig. 9).

Dispositivo intrauterino (DIU)

DIU é a sigla de dispositivo intrauterino, um dispositivo de plástico ou de metal introduzido no útero com o objetivo de evitar a concepção. Uma nova geração de DIUs plásticos incorpora ainda um hormônio de liberação lenta. O DIU deve ser implantado por um médico especialista e, a menos que cause problemas colaterais evidentes, pode permanecer no útero até que a mulher deseje engravidar, quando é removido pelo médico.

Embora o modo de ação do DIU ainda seja objeto de estudos, acredita-se que partículas de cobre liberadas por DIUs metálicos interferem na atividade dos espermatozoides. O hormônio contido em uma nova geração de DIUs plásticos aumenta a secreção e a densidade do muco cervical e altera o endométrio, o que pode impedir a passagem dos gametas masculinos.

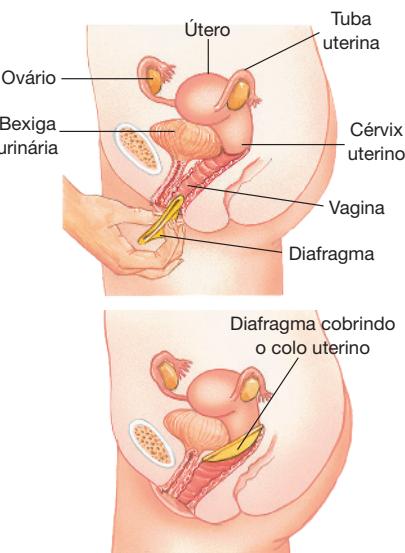


Figura 9 Representação esquemática da colocação correta do diafragma no fundo da vagina, de modo a cobrir totalmente o colo uterino. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: ilustração dos autores.

Além disso, acredita-se que a implantação do DIU no útero cause uma pequena inflamação, atraiendo macrófagos que atacam embriões em fase de se implantar na mucosa uterina. Por isso, alguns consideram o DIU um método abortivo, uma vez que ele causaria indiretamente a morte do embrião ao impedir que este se fixe no útero (Fig. 10).

Pílula anticoncepcional

A **pílula anticoncepcional**, um dos métodos contraceptivos mais utilizados no mundo, consiste geralmente em uma mistura de hormônios sintéticos similares à progesterona e ao estrógeno. Há diversos tipos de pilulas anticoncepcionais; em algumas delas, a mulher deve ingerir uma pílula todos os dias, a partir do 5º dia após a menstruação. Depois de 21 dias, interrompe-se a ingestão da pílula por sete dias e recomeça-se sua ingestão diária por mais 21 dias. Nesse regime, a menstruação costuma ocorrer cerca de três dias após a suspensão da ingestão das pílulas.

Os dois hormônios presentes na pílula anticoncepcional inibem a secreção de FSH e de LH pela adenopitíse. Com a falta desses hormônios hipofisários, a ovulação não ocorre. A manutenção de níveis altos de estrógeno e de progesterona no sangue induz o crescimento da mucosa uterina, que se descama (menstruação) quando o nível desses hormônios baixa, no período de uma semana em que a pílula deixa de ser ingerida.

A chamada **pílula do dia seguinte**, também conhecida como método contraceptivo de emergência, é um composto hormonal utilizado para prevenir uma gravidez indesejada em até 72 horas após uma relação desprotegida ou acidental. Os hormônios constituintes dessa pílula atuam basicamente de duas formas: impedem a ovulação (se ainda não tiver ocorrido) e impedem que o embrião se implante na parede uterina, entre cinco e seis dias depois da fertilização. Atualmente há adesivos contendo análogos dos hormônios estrógeno e progesterona que podem ser administrados por via dérmica, por meio de adesivos colados na pele. Antes de usar os adesivos, é conveniente se informar sobre as vantagens e as desvantagens desse método anticoncepcional.

Pesquisas científicas têm procurado avaliar se a ingestão continuada de hormônios pode ser associada a problemas de saúde como alterações na coagulação sanguínea, arteriosclerose e infartos. Um estudo verificou que mulheres que fumavam mais de 20 cigarros por dia e eram usuárias de pílulas anticoncepcionais apresentavam risco 10 vezes maior de morte por problemas cardiorrespiratórios, como infartos do coração e enfisemas pulmonares. É importante que os contraceptivos orais sejam utilizados sob rigoroso acompanhamento médico, a fim de evitar efeitos colaterais prejudiciais decorrentes da ingestão de hormônios. O uso da pílula do dia seguinte, particularmente, exige cuidados especiais. Nesses casos, deve-se consultar um médico.

Vasectomia e laqueadura tubária

A **vasectomia** consiste no seccionamento dos ductos deferentes de modo que os espermatozoides não cheguem à uretra. Como não afeta a produção de testosterona pelos testículos, a vasectomia não tem efeito sobre a atividade sexual; o homem vasectomizado atinge o orgasmo e ejacula normalmente. A única diferença é que seu esperma não contém espermatozoides, sendo constituído apenas pelas secreções das glândulas sexuais acessórias.

A **laqueadura tubária** consiste no seccionamento das tubas uterinas. Consequentemente, os espermatozoides são impedidos de alcançar os gametas femininos (Fig. 11).

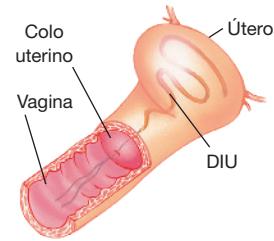


Figura 10 Representação esquemática do DIU implantado na cavidade uterina. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

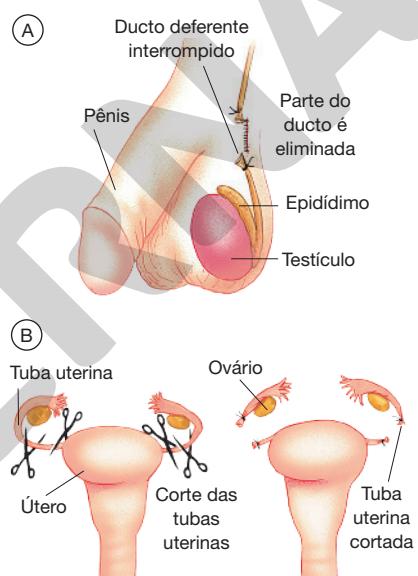


Figura 11 (A) Representação esquemática da vasectomia, cirurgia em que os ductos deferentes são seccionados. Homens vasectomizados que querem ter filhos podem ter seus espermatozoides coletados diretamente do testículo e utilizados na fecundação *in vitro*. (B) Representação esquemática da laqueadura tubária, cirurgia abdominal em que as tubas uterinas são seccionadas. Em geral, essa cirurgia só é feita em mulheres que já tiveram filhos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

5. Qual é a função da pílula anticoncepcional composta de hormônios sintéticos?
5. d
a) Impedir a formação do endométrio.
b) Induzir a menstruação.
c) Reduzir o impulso sexual.
d) Suprimir a ovulação.
6. Entre os métodos anticoncepcionais a seguir, qual também previne infecções sexualmente transmissíveis (aids, sífilis, gonorreia etc.)?
6. a
a) Camisinha.
b) Diafragma.
c) DIU (dispositivo intrauterino).
d) Pílula anticoncepcional.

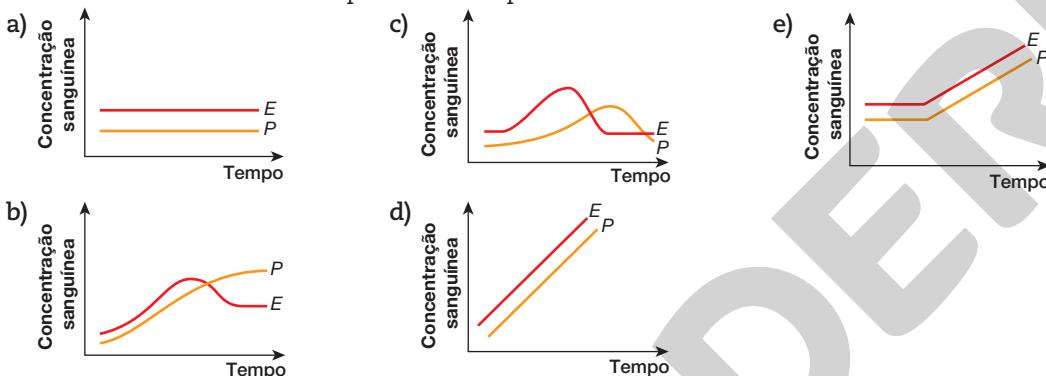


1. Observe o esquema e responda aos itens a seguir.

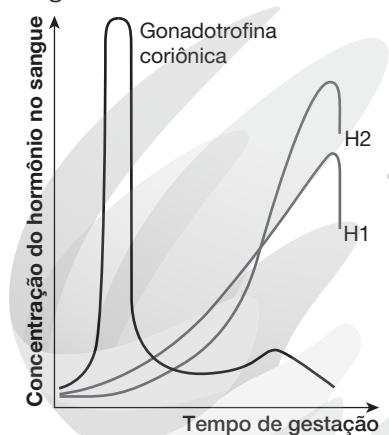
- Tendo por base as informações do esquema, identifique os hormônios denominados H_1 , H_2 , A e B.
- Que efeitos produz o hormônio H_1 ?
- Que efeitos produz o hormônio H_2 ?
- Além de inibir a produção de H_1 , que outros efeitos o hormônio A tem sobre o organismo feminino?
- Qual é o efeito do aumento da taxa do chamado hormônio B sobre a produção hormonal da adenoipófise?
- Qual é o dia aproximado do ciclo menstrual em que está mais elevada a concentração do hormônio H_2 no sangue?

2. (Enem) A pílula anticoncepcional é um dos métodos contraceptivos de maior segurança, sendo

2. a constituída basicamente de dois hormônios sintéticos semelhantes aos hormônios produzidos pelo organismo feminino, o estrogênio (E) e a progesterona (P). Em um experimento médico, foi analisado o sangue de uma mulher que ingeriu ininterruptamente um comprimido desse medicamento por dia durante seis meses. Qual gráfico representa a concentração sanguínea desses hormônios durante o período do experimento?



3. (Fuvest-SP) O gráfico representa a concentração de alguns hormônios observados durante a gravidez de uma mulher.



Identifique os hormônios H_1 e H_2 , respectivamente, e o motivo da queda abrupta de suas concentrações no sangue ao final do período de gestação.

H1	H2	Motivo
a) Progesterona	FSH	Eliminação da placenta
b) FSH	LH	Reinício da menstruação
c) FSH	Estrógeno	Reinício da menstruação
d) Progesterona	Estrógeno	Eliminação da placenta
e) FSH	Progesterona	Início da lactação

4. (UFJF-MG) O governo sancionou, no dia 2/8/13, a lei que determina o atendimento obrigatório e imediato no Sistema Único de Saúde (SUS) a vítimas de violência sexual. Segundo a lei, todos os hospitais da rede pública serão obrigados a oferecer, de forma imediata, entre outros serviços, a "profilaxia da gravidez", termo que, de acordo com o Ministério da Saúde, refere-se ao uso da chamada "pílula do dia seguinte", também conhecida como método de anticoncepção oral de emergência. Essa pílula é composta dos mesmos hormônios da pílula anticoncepcional comum, só que em doses mais altas.

- Por que a pílula do dia seguinte evita a gravidez?
- Quando essa pílula não é eficaz?
- Por que não se deve fazer uso indiscriminado em ocasiões recorrentes dessa pílula?

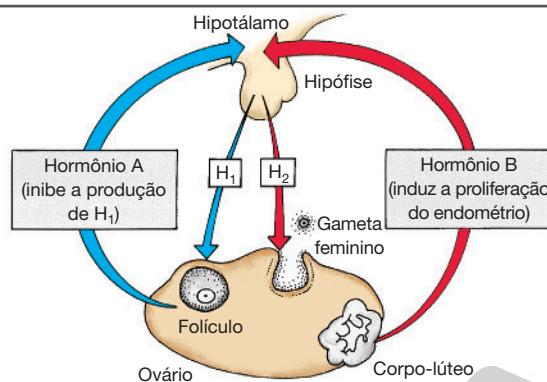


ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS



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

Nem todos consideram reais as possibilidades de mudanças climáticas provocadas pela humanidade. Entretanto, a temperatura global vem gradualmente aumentando devido à emissão, pela humanidade, de gases como o CO₂ para a atmosfera. Um possível resultado dessa elevação térmica seria o derretimento das calotas polares e o consequente aumento do nível dos mares. Nessas condições, muitas cidades do mundo deixariam de existir. Você já pensou nisso? O que podemos fazer a respeito? Informação é o primeiro passo rumo à preservação ambiental.

Será que a humanidade agride a natureza e, por isso, está a caminho da autodestruição? Nos meios de comunicação, as opiniões a esse respeito divergem. Boa parte dos cientistas acredita que as ações da nossa espécie têm causado danos sérios ao planeta. Todavia, há os que acreditam que os alertas de cientistas e de ambientalistas são exagerados e que a humanidade vai encontrar soluções para os problemas que surgirem. Quem tem razão? Há riscos reais de catástrofes provocadas pela poluição, pela degradação ambiental ou pelo esgotamento de recursos naturais?

Vamos aos fatos: nos dois últimos séculos, o desenvolvimento da sociedade industrial e o crescimento da população humana têm causado impactos ambientais sem precedentes. Estas são algumas das principais ameaças ao planeta: poluição do ar, da água e do solo; aumento da temperatura global; destruição da camada de ozônio; esgotamento das fontes de energia e de outros recursos naturais; extinção de espécies. Tudo isso se relaciona à explosão populacional humana e aos modelos vigentes de desenvolvimento industrial e tecnológico, implementados pelo progresso científico.

Nossa espécie, assim como as outras espécies animais, necessita explorar os recursos do ambiente. Temos de comer outros seres vivos para obter energia e matérias-primas essenciais para a nossa sobrevivência. Além disso, precisamos combater as espécies que podem nos causar doenças (vírus, bactérias, fungos, vermes, insetos etc.) e as que disputam conosco o alimento, como os parasitas e as pragas que atingem nossas lavouras.

A humanidade precisa encontrar formas equilibradas de conviver com a natureza e de explorar racionalmente os recursos naturais. O grande desafio do século XXI é descobrir quais são os limites da capacidade de suporte do ambiente para nossa espécie. Nessa perspectiva, devemos utilizar conscientemente os recursos de que dispomos e encontrar uma maneira de descartar com segurança os resíduos que produzimos. Só assim poderemos racionalizar nosso impacto sobre o ambiente e garantir um mundo habitável para as próximas gerações. A frase que resume o princípio básico da sustentabilidade, ou desenvolvimento sustentável, estudado neste capítulo é: garantir um mundo habitável para as próximas gerações.

A Floresta Amazônica é um bioma ameaçado. Sua preservação é essencial para o desenvolvimento sustentável do Brasil e do mundo.
Governador Jorge Teixeira, RO, 2019.

De olho na BNCC:

- EM13CNT104
- EM13CNT203
- EM13CNT206
- EM13CNT207
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT309
- EM13CHS301
- EM13CHS302

1. O conceito de sustentabilidade ambiental

Os danos ambientais resultantes do crescimento populacional e do desenvolvimento econômico têm levado diversos setores da humanidade a repensar seu modo de vida. Como veremos no último item deste capítulo, autoridades de muitos países têm se reunido em fóruns mundiais dedicados a tratar globalmente dos problemas ambientais e suas possíveis soluções.

Em 1987, uma comissão de estudos ambientais deu ênfase a um conceito que amadureceu ao longo da década de 1970: a **sustentabilidade ambiental**, inicialmente denominada desenvolvimento sustentável. Segundo essa comissão, a ideia central da sustentabilidade é atender às necessidades essenciais da humanidade sem comprometer, porém, a capacidade de as futuras gerações obterem o necessário para uma vida digna. Em outras palavras, cada geração tem o compromisso de deixar para as gerações seguintes um ambiente equivalente ao recebido, ou melhor. Esse deveria ser o princípio norteador das ações e das atividades humanas em relação ao ambiente.

Os princípios da sustentabilidade ambiental podem e devem ser aplicados a diversos aspectos da relação da humanidade com o ambiente. Por exemplo, ao explorar os recursos de florestas e de outros ambientes naturais, é preciso replantar espécies nativas para permitir sua perpetuação. Outra ação importante para o desenvolvimento sustentável é investir no estudo e no desenvolvimento de fontes de energia renováveis – biocombustíveis, energia eólica, energia solar e energia hidroelétrica –, substituindo gradativamente a matriz energética atual, que prioriza combustíveis fósseis como o petróleo e o carvão mineral. Economizar água em casa também é coerente com os princípios da sustentabilidade, uma vez que ajuda a garantir a disponibilidade desse precioso recurso natural às gerações que virão depois de nós.

Embora a ideia central do desenvolvimento sustentável seja simples, sua implementação é complexa e requer a parceria ativa de diversos setores da sociedade: governos, iniciativa privada, instituições de ensino e de pesquisa, mídia (TV, internet, imprensa), educadores e estudantes.

Apresentamos a seguir alguns princípios para uma sociedade sustentável do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Fizemos algumas pequenas adaptações de texto tentando torná-lo o mais claro possível para os estudantes do Ensino Médio. Reflita sobre esses princípios antes de iniciar a leitura do item 2.

Princípios para uma sociedade sustentável

- *Cuidar da comunidade dos seres vivos, respeitando-a.* Trata-se de um princípio ético que “reflete o dever de nos preocuparmos com as outras pessoas e outras formas de vida, agora e no futuro”.
- *Melhorar a qualidade da vida humana.* Esse deve ser o verdadeiro objetivo do desenvolvimento, ao qual o crescimento econômico deve estar atrelado: permitir aos seres humanos “perceber o seu potencial, obter autoconfiança e uma vida plena de dignidade e satisfação”.
- *Conservar a vitalidade e a diversidade do planeta Terra.* O desenvolvimento deve garantir proteção “da estrutura, das funções e da diversidade dos sistemas naturais do planeta, dos quais temos absoluta dependência”.
- *Minimizar o esgotamento de recursos não renováveis*, como minérios, petróleo, gás [natural] e carvão mineral. Tais recursos não podem ser usados de maneira “sustentável” porque não são renováveis, pelo menos na escala de tempo humana. Mas podem ser gradativamente substituídos por formas mais “limpas” de energia, com o intuito de reduzir perdas e, principalmente, minimizar o impacto ambiental. Os recursos não renováveis devem ser utilizados de modo a “ter sua vida prolongada como, por exemplo, por meio de reciclagem, pela utilização de menor quantidade ou pela substituição por recursos renováveis, quando possível”.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

O conceito de sustentabilidade parece simples, mas para aplicá-lo é preciso que ele seja incorporado a todas as atitudes que porventura coloquem em risco as gerações futuras. Nossa sugestão é que você forme um grupo com colegas para pesquisar, na internet, exemplos da aplicação de sustentabilidade ambiental, tanto em grande escala como na rotina diária. O trabalho do grupo pode ser resumido em um texto objetivo sobre o que foi obtido nas pesquisas. Consulte o professor sobre a possibilidade de realizar um debate em sala de aula para que diversos grupos possam expor seus pontos de vista.

- *Permanecer nos limites de capacidade de suporte do planeta Terra.* Não se sabe ainda exatamente quais são os limites da capacidade de suporte do ambiente terrestre para a população humana. Mas, sem dúvida, há limites para o impacto que os ecossistemas e a biosfera podem suportar sem que haja modificações irreversíveis do ambiente natural. Poucas pessoas consumindo muito podem causar o mesmo efeito ambiental que muitas pessoas consumindo pouco. É importante adotar políticas que equilibrem as necessidades das pessoas e a capacidade de suporte da natureza.
- *Modificar atitudes e práticas pessoais.* “Para adotar a ética de se viver sustentavelmente as pessoas precisam reexaminar seus valores e alterar seu comportamento. A sociedade deve promover atitudes que apoiem uma nova ética e que desfavoreçam aquelas que não se coadunam com o modo de vida sustentável.”
- *Permitir que as comunidades cuidem de seu próprio ambiente.* É dentro da comunidade que as pessoas desenvolvem a maioria de suas atividades produtivas e criativas. A gestão de recursos e de pessoas no nível comunitário constitui a forma mais acessível para dar voz às opiniões e à tomada de decisões sobre iniciativas e situações que afetam a comunidade.
- *Gerar uma estrutura nacional para a integração de desenvolvimento e conservação.* A estrutura deve garantir “uma base de informação e de conhecimento, leis e instituições, políticas econômicas e sociais coerentes”. A estrutura deve ser flexível e regionalizável; deve considerar as particularidades de cada região e entendê-las de modo integrado, centrado nas pessoas e nos fatores sociais, econômicos, técnicos e políticos que influem na sustentabilidade, principalmente na geração e distribuição de riqueza e bem-estar.
- *Constituir uma aliança global.* Hoje, mais do que antes, a sustentabilidade do planeta depende da confluência das ações de todos os países, de todos os povos. As grandes desigualdades entre ricos e pobres são prejudiciais a todos. “A ética do cuidado com a Terra aplica-se em todos os níveis: internacional, nacional e individual. As nações só têm a ganhar com a sustentabilidade mundial e todas estarão ameaçadas caso não consigamos alcançar esse objetivo”.

Fonte: adaptado de BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: temas transversais para 5^a e 8^a séries*. Brasília: MEC, 1998. p. 239-241. (Adaptado.)

✓ 2. Poluição e desequilíbrios ambientais

Poluição

Poluição (do latim *poluere*, “manchar”, “poluir”) é a presença concentrada no ambiente de determinadas substâncias ou agentes físicos, genericamente denominados poluentes, geralmente produzidos direta ou indiretamente pela ação humana e que podem afetar a vida de uma ou mais espécies das comunidades biológicas.

As atividades humanas, principalmente nas sociedades industrializadas, geram diversos tipos de poluentes: lixo dos mais diversos tipos, fumaça, resíduos industriais, gases liberados pelo escapamento de veículos motorizados etc., além de grande quantidade de resíduos orgânicos, como excrementos e urina.

A poluição ambiental decorrente do desenvolvimento industrial já provocou grandes tragédias. Em Londres, por exemplo, no inverno de 1952, as condições climáticas não permitiram a dispersão dos poluentes liberados pelos automóveis, pelas fábricas e pelos sistemas de aquecimento das residências. Mais de 4 mil pessoas morreram em poucos dias por problemas respiratórios provocados por poluentes concentrados na baixa atmosfera. Nos dois meses seguintes, mais de 8 mil pessoas morreram de enfermidades motivadas ou agravadas por aquela onda de poluição.

O esclarecimento e a educação da população podem contribuir para o controle da poluição. Somente uma sociedade civil amplamente organizada e informada será capaz de manter atitudes sustentáveis e de exercer fiscalização ambiental rigorosa e sistemática, exigindo das autoridades a criação de leis ecológicas eficientes e, principalmente, o seu cumprimento.

Poluição atmosférica

As principais **fontes de poluição atmosférica** são os motores de veículos, as indústrias (siderúrgicas, fábricas de cimento e de papel, refinarias etc.), a incineração de lixo doméstico e as queimadas de campos e florestas.

As ações humanas sobre o ambiente, como já vimos, são denominadas ações antrópicas. Elas são responsáveis pela liberação na atmosfera de milhões de toneladas anuais de gases, como o gás carbônico (CO_2), o monóxido de carbono (CO), o ozônio (O_3), o dióxido de enxofre (SO_2), o dióxido de nitrogênio (NO_2) e diversos tipos de hidrocarbonetos, além de material particulado, constituído por poeira, fumaça e materiais sólidos e líquidos suspensos no ar (Fig. 1).

Um dos poluentes mais nocivos à saúde dos habitantes das grandes metrópoles é o **monóxido de carbono** (CO), um gás incolor, inodoro, menos denso que outros gases do ar e extremamente tóxico para os seres humanos. As principais fontes de emissão do CO, produzido pela queima incompleta de moléculas orgânicas, são os motores a combustão de veículos como automóveis, motocicletas, ônibus, caminhões etc.

No organismo humano, o monóxido de carbono combina-se de maneira irreversível com a hemoglobina do sangue, inutilizando-a para o transporte de gás oxigênio. A exposição prolongada de uma pessoa ao monóxido de carbono pode levá-la à perda de consciência e à morte. Os principais sintomas da intoxicação por esse gás são asfixia e aumento dos ritmos respiratório e cardíaco.

O **ozônio** (O_3) é um gás presente na estratosfera, responsável pela formação de uma camada gasosa capaz de filtrar parte das radiações solares, protegendo os seres vivos. Entretanto, quando próximo ao solo, o ozônio é um gás poluente, que provoca irritação nos olhos e problemas respiratórios, além de danos à vegetação. Poluentes liberados pelos veículos motorizados nas grandes cidades potencializam a reação de formação de ozônio na baixa atmosfera, situação agravada nos meses de inverno por causa das inversões térmicas.

Outro poluente atmosférico potencialmente perigoso é o **dióxido de enxofre**, gás proveniente da queima industrial de combustíveis como o carvão mineral e o óleo diesel, os quais contêm enxofre como impureza. O dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio podem provocar bronquite, asma e enfisema pulmonar. Ao reagir com o vapor de água presente na atmosfera, esses óxidos também podem levar à formação de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3), que se dissolvem nas nuvens e se precipitam na forma de chuvas ácidas. Em países como os do Leste Europeu, em que a produção de energia é baseada na queima de carvão mineral e óleo diesel, as chuvas ácidas têm provocado grandes danos à vegetação, além de corroer construções e monumentos (Fig. 2).

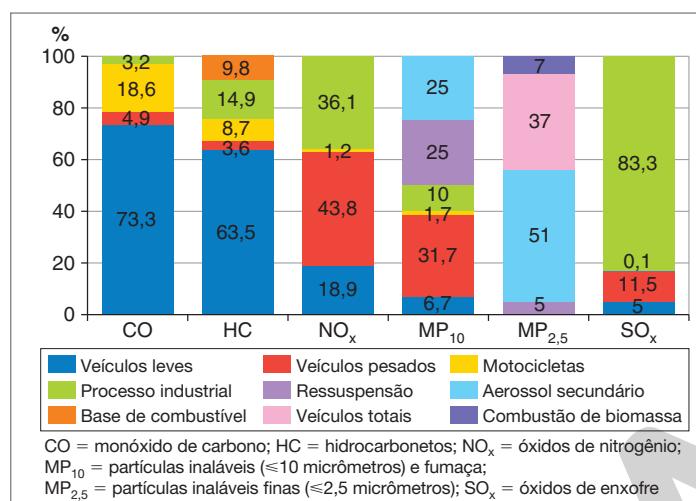


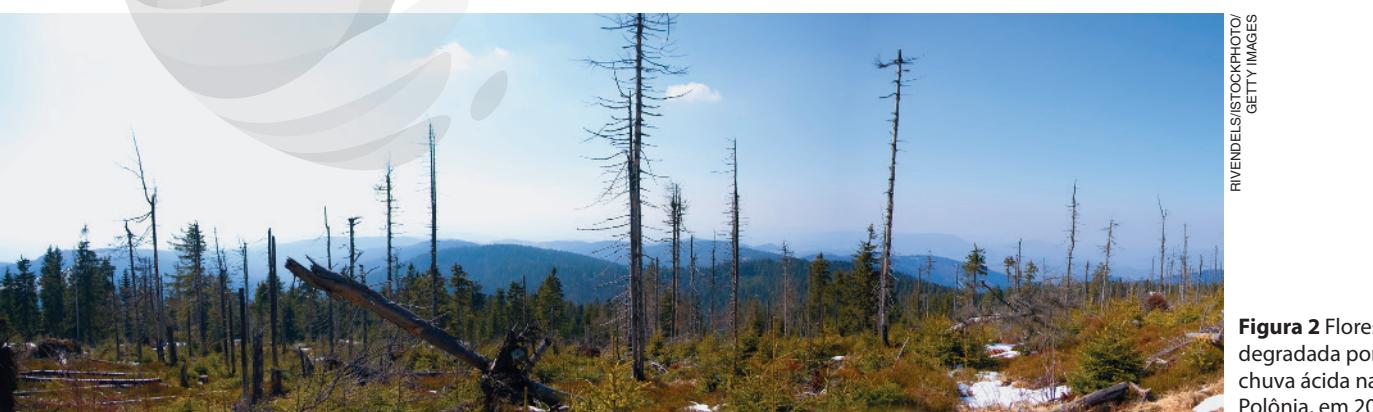
Figura 1 Gráfico com as estimativas de emissões relativas dos principais poluentes da atmosfera no estado de São Paulo em 2018.

Fonte: adaptado de COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Qualidade do ar no estado de São Paulo 2018*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Cetesb_QualidadeAr_2018.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

É possível que você saiba que nosso planeta é protegido por um escudo gasoso de ozônio, que bloqueia a penetração de grande parte da radiação ultravioleta do Sol. Nesta atividade sugerimos que você pesquise, em livros ou na internet, sobre a camada de ozônio que envolve a Terra. Atente para os seguintes pontos: a) como essa camada se forma, qual é sua espessura e a que altitude se situa?; b) quais são seus efeitos benéficos para os seres vivos?; c) que tipos de agentes causam a destruição da camada de ozônio e cuja utilização foi vetada em diversos países? Conclua seu trabalho com um texto objetivo e um infográfico que responda às três questões formuladas. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)



RIVENDELS/ISTOCKPHOTO
GETTY IMAGES

Figura 2 Floresta degradada por chuva ácida na Polônia, em 2015.

A matéria particulada poluente suspensa no ar é produzida principalmente pelo desgaste de pneus e de freios de automóveis e pela combustão de óleo diesel. Outras fontes de partículas poluidoras da atmosfera são usinas siderúrgicas e fábricas de cimento, estas últimas também responsáveis pela liberação de sílica (SiO_2). A sílica e o amianto, quando se encontram na forma de partículas em suspensão no ar, podem causar doenças pulmonares, como fibrose e enfisema.

Inversão térmica

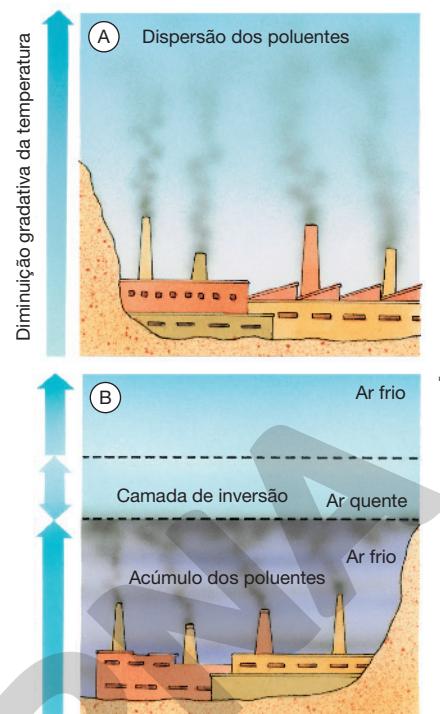
Em condições normais, as camadas mais baixas da atmosfera são mais quentes porque recebem o calor irradiado pela superfície terrestre. O ar aquecido pela superfície tende a subir, carregando poluentes eventualmente presentes em suspensão. O ar quente que sobe é substituído pelo ar frio que desce; este, ao se aquecer, torna a subir. Esse movimento ascendente e descendente de ar, denominado corrente de convecção, ou corrente convectiva, é responsável pela dispersão contínua dos poluentes atmosféricos produzidos em uma cidade.

Nos meses de inverno, o solo fica mais frio e a camada mais baixa de ar atmosférico pode tornar-se também mais fria do que a camada imediatamente superior, fenômeno denominado **inversão térmica**. Com a inversão, os movimentos convectivos são interrompidos e os poluentes não se dispersam para as camadas mais altas da atmosfera, passando a se concentrar na camada de ar frio aprisionada entre a superfície e a camada de ar quente. Nessas ocasiões, é comum ocorrer aumento dos casos de irritação das mucosas e de problemas respiratórios em habitantes de grandes centros urbanos (Fig. 3).

Intensificação do efeito estufa

Parte da radiação solar que chega à Terra é refletida pelas nuvens e pela superfície terrestre; outra parte é absorvida, principalmente pelo solo, e volta a ser irradiada para a atmosfera na forma de calor (radiação infravermelha). Esse fenômeno natural, denominado **efeito estufa**, contribui para manter aquecida a superfície terrestre, retardando a perda de calor para o espaço. É graças ao efeito estufa que a Terra mantém uma temperatura média favorável à existência de vida.

O efeito estufa resulta principalmente da presença na atmosfera de vapor de água, gás carbônico (CO_2), metano (CH_4) e dióxido de nitrogênio (NO_2), cujas moléculas têm grande capacidade de absorver calor. O aumento da quantidade de alguns desses gases na atmosfera, principalmente em razão de atividades antrópicas, vem intensificando significativamente o efeito estufa. Estima-se que nos próximos anos essa intensificação poderá levar a aumentos significativos da temperatura média na superfície terrestre (Fig. 4).



ILUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

Figura 3 Representação esquemática da dispersão de poluentes de ar em situação normal (A) e em situação de inversão térmica (B). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/qualidade-ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/inversao_termica.png>. Acesso em: 29 maio 2020.

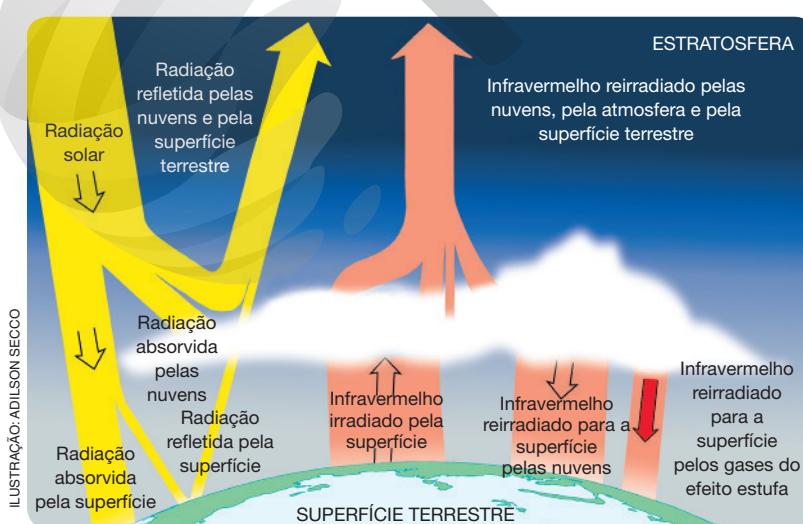


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 4 Representação esquemática do efeito estufa atmosférico. Analise a figura acompanhando as explicações no texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Disponível em: <<https://www.nasa.gov/offices/emd/home/ggm.html>>. Acesso em: jun. 2020.

A quantidade de CO₂ na atmosfera vem aumentando progressivamente desde a Revolução Industrial, quando a queima de combustíveis fósseis (carvão mineral e petróleo) começou a ser empregada em larga escala para produzir energia. Hoje, a concentração de gás carbônico no ar já ultrapassou 0,04% da composição atmosférica (400 partes por milhão, ou ppm), um aumento superior a 40% em relação ao período pré-industrial (Fig. 5).

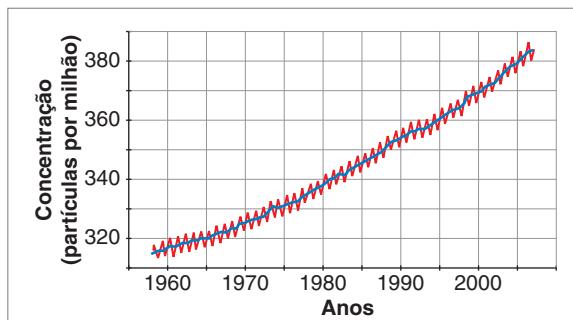


Figura 5 Gráfico que representa a concentração de CO₂ na atmosfera nas últimas décadas, segundo o Observatório de Mauna Loa, no Havaí, que faz monitoramento atmosférico desde a década de 1950.

Fonte: adaptado de NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>>. Acesso em: maio 2020.

Estima-se que a concentração de gás metano (CH₄) na atmosfera também tenha aumentado mais de 150% no mesmo período. O metano resulta principalmente da decomposição de matéria orgânica. O aumento da população humana gera maior produção de lixo e esgotos, cuja decomposição leva à produção de gás metano. O aumento das áreas alagadas para o cultivo de arroz, onde ocorre muita decomposição de matéria orgânica, também tem elevado a concentração de gás metano atmosférico. Outras fontes importantes emissoras de gás metano são, por incrível que pareça, os rebanhos mundiais de gado bovino e caprino. Nos tubos digestivos desses animais ruminantes há grande quantidade de microrganismos produtores de gás metano, que é eliminado para o ambiente pela flatulência dos animais.

Considerando o período que vai até 2018, o ano de 2015 foi o mais quente da história (o segundo mais quente foi 2010, o terceiro, 2005, e o quarto, 2018), desde que as temperaturas médias anuais no globo terrestre começaram a ser registradas

em 1861. Durante o século XX, a temperatura global da superfície terrestre aumentou mais de 0,6 °C e, de acordo com estudos da Organização das Nações Unidas (ONU), o planeta deverá estar cerca de 2 °C mais quente até o ano de 2100.

Alguns cientistas consideram as estimativas da ONU conservadoras e acreditam que, se os gases responsáveis pelo efeito estufa continuarem a se acumular na atmosfera no ritmo atual, podemos esperar uma elevação de até 4 °C na temperatura média mundial nos próximos 50 anos.

O aumento significativo da temperatura global pode ocasionar grandes mudanças no clima da Terra, algumas presumivelmente de efeitos catastróficos. Isso parece que já está ocorrendo, como se pode observar pelo aumento de tsunâmis devastadores, de secas intensas em determinadas regiões, de chuvas abundantes e destrutivas em outras, entre outros fenômenos naturais que estão se tornando mais frequentes. Nas regiões tropicais podem ocorrer tempestades torrenciais; nas regiões temperadas, o clima ficaria mais quente e mais seco; nas regiões polares, parte do gelo derreteria (o que parece já acontecer), causando a elevação do nível dos mares e a inundação de cidades litorâneas e de planícies. Entre as muitas cidades que supostamente ficariam submersas estão Osaka, no Japão; Alexandria, no Egito; e Rio de Janeiro, no Brasil (Fig. 6).



MIRKO KUZMANOVIC/
SHUTTERSTOCK

Poluição das águas e do solo

A forma mais comum e talvez a mais antiga de poluir as águas é o descarte de dejetos humanos e de animais domésticos em rios, lagos e mares. Os dejetos aumentam a quantidade de nitratos e de fosfatos, bem como de outros nutrientes, no ambiente aquático, fenômeno denominado **eutrofização**, ou eutroficação (do grego *eu*, "bem", "bom", e *trofos*, "nutrição").

A eutrofização geralmente leva à multiplicação intensa de bactérias aeróbicas, que utilizam gás oxigênio (O_2) em sua respiração. A proliferação dessas bactérias leva ao esgotamento desse gás na água, causando a morte da maioria das formas de vida aquáticas, incluindo as próprias bactérias.

A eutrofização por esgotos humanos tem levado à destruição da fauna e da flora de muitos rios que banham grandes cidades pelo mundo. Há rios em espaços urbanos que simplesmente se tornaram esgotos a céu aberto. Além da morte das formas de vida existentes no rio, o lançamento de esgotos sem tratamento prévio pode propagar doenças infecciosas, como a hepatite A, a amebíase e a cólera.

A melhor solução para o problema dos esgotos é seu tratamento e aproveitamento. Atualmente já há tecnologias para purificar a água dos esgotos, utilizar os resíduos semissólidos na produção de fertilizantes e empregar o gás metano gerado no processo como combustível.

As águas utilizadas para diversos fins nas casas e depois descartadas, conhecidas como águas servidas, e os resíduos industriais também podem ocasionar graves problemas ambientais. Substâncias poluentes como detergentes, ácido sulfúrico, amônia e outras substâncias tóxicas envenenam os rios e causam a morte de muitas espécies da comunidade aquática.

O desenvolvimento acentuado da agricultura também tem contribuído para a poluição do solo e das águas. Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), utilizados muitas vezes em quantidades abusivas nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, eventualmente intoxicando o próprio agricultor e sua família e matando diversos seres vivos dos ecossistemas atingidos (Fig. 7).

O problema do lixo urbano

Nos países desenvolvidos, uma pessoa produz, em média, 2,5 kg de lixo por dia. Se o crescimento demográfico das cidades continuar, em breve não haverá mais lugar para depositar todo o lixo produzido. Enterrá-lo não é a solução, pois pode haver contaminação de reservatórios de água potável subterrânea. Sua incineração contribui para agravar ainda mais a poluição atmosférica, além de representar um desperdício de recursos, tendo em vista que grande parte do material descartado poderia ser reaproveitada.

Soluções para o problema dos resíduos sólidos envolvem a redução do desperdício de materiais e a reciclagem do lixo, que consiste no reaproveitamento de diversos resíduos. Para que a reciclagem funcione com eficiência é fundamental separar os diversos componentes do lixo, processo conhecido como **triagem**. Latas, por exemplo, podem ter seu metal totalmente reaproveitado; o Brasil já é um dos maiores recicladores de latas de alumínio do mundo. Plásticos e papel também podem ser reciclados. Calcula-se que se os Estados Unidos reciclassem 50% do papel que utilizam, em vez dos 20% que reciclam atualmente, poderiam deixar de cortar cerca de 100 milhões de árvores por ano.

Após a triagem, a parte orgânica do lixo pode ser degradada por microrganismos em tanques chamados biodigestores. Na biodigestão forma-se o gás metano (CH_4), que pode ser utilizado como combustível residencial, industrial ou em veículos motorizados. Os resíduos sólidos da biodigestão podem ser utilizados como fertilizantes do solo.

Atualmente a reciclagem ainda é um processo complexo e dispendioso, sendo mais fácil e barato utilizar matéria-prima natural do que matéria reciclada. Esse cálculo, porém, não leva em conta a degradação ambiental, que poderá representar um custo altíssimo para as gerações futuras. Com o progressivo esgotamento dos recursos naturais e o avanço das tecnologias de reciclagem do lixo, o reaproveitamento logo deverá ultrapassar os 50% dos materiais descartados.



Figura 7 (A) Esgoto doméstico lançado em córrego (Vila Velha, ES, 2019).

(B) Espuma formada sobre as águas do rio Tietê, evidenciando a poluição (Pirapora do Bom Jesus, SP, 2016).

[Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.](#)

Atividade em grupo

Forme um grupo com colegas para dividir as tarefas de pesquisa sobre o lixo urbano. Concentre as pesquisas em aspectos como coleta seletiva, triagem do lixo e reciclagem. O objetivo da atividade é utilizar os dados das pesquisas para elaborar um infográfico em tamanho grande para ser exibido no mural da escola ou divulgado em mídias sociais para alcançar a comunidade escolar (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro). Se sua escola ainda não implementou a separação do lixo na hora do descarte, com lixeiras específicas para metais, vidros, material orgânico etc., você e seus colegas podem tomar a iniciativa de sugerir à direção da escola e aos professores a melhor maneira de organizar o descarte seletivo. Além disso, os grupos podem pesquisar a existência de centros de reciclagem de resíduos no município onde se situa a escola. Se for viável, proposta a um professor que auxilie no contato com esses centros, para possíveis visitas dos estudantes.

É urgente que toda a população conscientize-se sobre o problema do lixo. Mais cedo ou mais tarde, o poder público e a população terão de conjugar esforços para resolvê-lo, não só por meios tecnológicos de reciclagem, mas também pela intensificação de ações educativas e de campanhas de conscientização, incentivando as pessoas a desperdiçar menos materiais e a produzir menos lixo (Fig. 8).

Desmatamento, introdução de espécies exóticas e extinção

Além de interferir nos ambientes naturais e produzir resíduos e poluentes, a humanidade altera o equilíbrio de ecossistemas pela introdução de espécies exóticas (isto é, estranhas ao ecossistema) e pela extinção de espécies nativas. A interferência em comunidades naturais equilibradas pode colocar em risco toda a intrincada trama de relações que levou milhares ou milhões de anos para se estabelecer.

A expansão das terras cultivadas e o crescimento das cidades têm causado a destruição de muitos ambientes naturais. Florestas são derrubadas ou queimadas, com prejuízos ao solo e poluição da atmosfera. A remoção indiscriminada da vegetação nativa, ou **desmatamento**, além de levar comunidades biológicas e várias espécies à extinção, acarreta erosão e empobrecimento do solo. A erosão é causada principalmente pelas chuvas e pelo vento. Sem a proteção da cobertura vegetal, o solo perde rapidamente suas camadas férteis e muitos de seus componentes são levados pelas chuvas, tornando-se pobre e accidentado (Fig. 9).

A **introdução de espécies exóticas** tem causado desequilíbrios ambientais em diversas regiões, afetando os ecossistemas nativos. Em seus deslocamentos pelas diversas regiões da Terra, os viajantes transportam, deliberadamente ou não, espécies biológicas de um local para outro. Dessa forma, espécies nativas de uma região são introduzidas em locais onde não existiam anteriormente (Fig. 10).

A **extinção de espécies** pode causar sérios distúrbios ao equilíbrio de um ecossistema. Muitas espécies estão atualmente ameaçadas de extinção por causa da destruição de seus habitats, principalmente em razão da expansão das fronteiras agrícolas, sem falar da caça e da pesca excessivas, ou predatórias. Além disso, o comércio ilegal de espécies silvestres reduz sua população e causa a morte de muitos animais, para que apenas alguns cheguem aos compradores, e, mesmo nesse caso, muitas vezes fracos e doentes. A expansão da população humana e ações inconsequentes têm colocado em perigo inúmeras espécies de seres vivos.

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

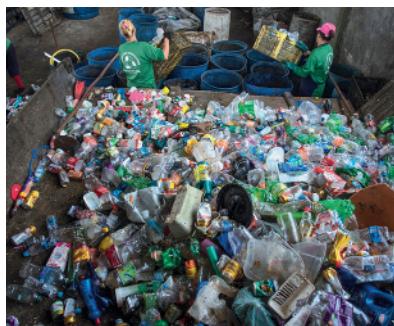


Figura 8 A reciclagem dos materiais descartados como lixo, além de ajudar a minimizar o problema da poluição ambiental, pode ser fonte de renda para muitas famílias. Na foto, trabalhadores fazendo triagem de materiais recicláveis (Arraial do Cabo, RJ, 2018).

JOÃO PRUDENTE/PULSAR IMAGENS



Figura 9 Consequências do desmatamento, com erosão e empobrecimento do solo. Na foto, solo erodido formando buracos denominados “vossorocas” (Ritápolis, MG, 2018).

GERSON GERLOFF/PULSAR IMAGENS



Figura 10 Plantas do aguapé (gênero *Eichhornia*), que produz flores de cor lilás e é utilizado como planta ornamental em lagos e lagoas. Em certos casos, porém, o aguapé prolifera descontroladamente e pode tornar-se uma praga (Rio Grande, RS, 2020).

Aplicando conhecimentos



Registre as respostas em seu caderno.

Utilize as alternativas a seguir para responder às questões 1 e 2.

- a) Construção de usinas hidroelétricas.
 - b) Construção de usinas nucleares.
 - c) Liberação de clorofluorcarbonetos (CFCs).
 - d) Queima de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão.
1. Qual das atividades humanas mais tem contribuído para o agravamento do efeito estufa?
1. d
 2. Qual dessas atividades mais tem contribuído para a destruição da camada de ozônio na estratosfera?
2. c
 3. Das alternativas a seguir, apenas uma não é consequência direta do desmatamento. Qual é ela?
3. a
 - a) Chuva ácida.
 - b) Diminuição da biodiversidade.
 - c) Empobrecimento do solo em minerais.
 - d) Erosão.

3. Alternativas para o futuro

O desenvolvimento e a aplicação da ideia de sustentabilidade ambiental são importantes para uma visão moderna, comprometida e atuante da Ecologia. Nossa sobrevivência e nosso bem-estar dependem, direta ou indiretamente, do ambiente natural. Esse ambiente, portanto, precisa ser preservado. Cada geração tem a obrigação de garantir para as gerações seguintes um ambiente que atenda às necessidades humanas básicas. A aceitação e a implementação desse princípio por um número cada vez maior de países é o que poderá impedir que interesses econômicos imediatistas se sobreponham às expectativas sociais de um mundo melhor para as gerações vindouras.

Na coluna do lado externo da página apresentamos um breve histórico do surgimento das principais ideias sobre a preservação dos ambientes e dos recursos naturais.

Alternativas energéticas

A civilização contemporânea consome muita energia. Pense nas indústrias, nos transportes, nos eletrodomésticos e nas telecomunicações, que dependem de processos e de equipamentos em que são utilizadas várias formas de energia. Atualmente, a maior parte da energia empregada nas sociedades industrializadas provém de combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo (Fig. 11).

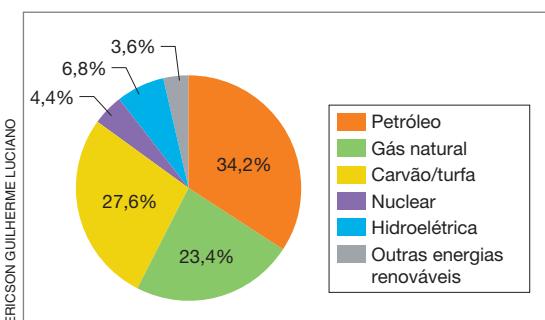


Figura 11 Gráfico que mostra o percentual das várias fontes de energia utilizadas no mundo em 2017.

Fonte: adaptado de BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY – 2018. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>>. Acesso: 29 maio 2020.

Os combustíveis fósseis são recursos não renováveis e que se esgotarão em um futuro relativamente próximo; sua duração depende do uso que se fizer deles. Além disso, a utilização desses combustíveis causa diversos problemas ambientais, principalmente pelas emissões de CO e CO₂. Assim, é muito importante a pesquisa de formas alternativas de produção de energia.

A hidroeletricidade é produzida pela passagem de água por turbinas, que convertem a energia cinética da água em energia elétrica. Trata-se, portanto, de uma forma renovável de obtenção de energia. Entretanto, as usinas hidroelétricas não deixam de exercer impactos sobre o ambiente, pois sua construção requer o desvio de cursos de rios e o alagamento de extensas regiões, o que pode provocar alterações no clima e acarretar o desaparecimento de comunidades biológicas na área alagada.

A energia nuclear é obtida pelo emprego de substâncias denominadas “combustíveis nucleares”, cujos núcleos atômicos são desintegrados no interior dos reatores de fissão nuclear, nas usinas nucleares. Esse tipo de tecnologia tem se mostrado arriscado, uma vez que, além dos diversos acidentes já ocorridos, não há destinação segura para o “lixo radioativo” produzido pelas usinas nucleares. Os altos riscos envolvidos nessa alternativa energética têm levado inúmeros países a desistir dela.

Combustíveis renováveis, como o álcool etílico (etanol), o biodiesel e o gás natural, produzido por biodigestão, constituem alternativas viáveis para suprir parte da demanda energética. O Brasil foi o primeiro país do mundo a utilizar em larga escala o etanol obtido da fermentação da cana-de-açúcar como combustível de automóveis; atualmente incentiva-se o uso do biodiesel, produzido principalmente a partir do óleo de certas sementes, como substituto do diesel, obtido do petróleo.

O movimento ambientalista

Décadas de 1960 e 1970

Na década de 1960 surgiram ações governamentais em diversos países visando proteger e conservar os ambientes e os recursos naturais. A primeira lei ambiental para o controle da poluição foi promulgada em 1967 no Japão. O desenvolvimento econômico japonês no período pós-guerra fez a poluição atingir níveis nunca antes atingidos, obrigando o governo japonês a punir as empresas poluidoras.

Em 1970 os Estados Unidos criaram sua Agência de Proteção Ambiental (do inglês, Environmental Protection Agency - EPA). Em 1972 ocorreu a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente Humano, em Estocolmo (Suécia). O ponto alto desse encontro, que teve a participação de 113 países, foi o reconhecimento da natureza global dos problemas ambientais e da necessidade de todos os países buscarem uma solução conjunta para eles.

Em 1973 e em 1979 ocorreu uma crise internacional envolvendo países exportadores de petróleo e grandes empresas petrolíferas. Essa crise fez o mundo perceber que as reservas de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral, um dia chegarão ao fim. Um dos resultados positivos da crise do petróleo foi exatamente chamar a atenção para a racionalização do consumo de combustíveis e para a busca por fontes alternativas de energia.

Década de 1980

As observações e análises científicas mostraram que a camada de ozônio atmosférica, que filtra a radiação ultravioleta proveniente do Sol, estava sendo destruída pela liberação industrial de certos gases, principalmente os clorofluorocarbonos (CFCs). Em resposta a esse novo desafio, em 1985 realizou-se em Viena (Áustria) um fórum em que foi criada a Convenção de Proteção à Camada de Ozônio. Hoje, segundo dados da Nasa, a destruição da camada de ozônio foi contida.

Outro avanço ocorrido em 1987 foi a publicação de um relatório pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland) em que se apresentou o conceito de desenvolvimento sustentável, depois chamado de sustentabilidade.

Outra alternativa energética de futuro é o aproveitamento de energia solar, que pode ser transformada em energia elétrica, acumulada ou utilizada diretamente para o aquecimento de água (Fig. 12).

Ainda em fase inicial no Brasil, mas já amplamente utilizado em países como Estados Unidos, Alemanha e Dinamarca, seguidos por Índia e Espanha, está o aproveitamento da **energia eólica** (energia dos ventos), uma promissora perspectiva para que nosso país possa substituir fontes de energia que impactam negativamente o ambiente.



Figura 12 (A) Usina hidroelétrica de Manso (MT, 2019). (B) Painéis que captam a energia do Sol e a convertem em energia elétrica (Presidente Prudente, SP, 2019). (C) Conjunto de aerogeradores, em que a energia de movimento do vento é transformada em energia elétrica. (Parque Eólico Rei dos Ventos, Galinhos, RN, 2020).

CONTINUAÇÃO DA PÁGINA ANTERIOR

Década de 1990

Em 1992, após dois anos de preparação, ocorreu no Rio de Janeiro uma nova Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como ECO-92 ou Rio-92. Esse encontro ampliou ideias e resoluções da Conferência de Estocolmo, realizada vinte anos antes. A ECO-92 lançou a chamada “Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima”, que entrou em vigor em 1994 e até 1997 foi ratificada por 165 países. Seu objetivo era estabilizar as concentrações de gases causadores do aumento do efeito estufa, para impedir alterações no sistema climático planetário. Segundo o compromisso acertado, que ficou conhecido como Agenda 21, os países desenvolvidos teriam de reduzir, até o ano 2000, suas emissões de gases de efeito estufa aos níveis de 1990.

Em 1997 foi aprovado o Protocolo de Kyoto, em que até o período entre 2008 e 2012 os países industrializados se comprometiam a reduzir pelo menos 5% as emissões de gases do efeito estufa (em relação aos níveis de 1990).

Década de 2000

Em 2001 e 2002 foram adicionados complementos ao Protocolo de Kyoto e ele foi ratificado por muitos países. Cumpre lembrar que os Estados Unidos, um dos países que mais emitem gases do efeito estufa do mundo, não assinaram o protocolo.

Também em 2002 ocorreu, em Joanesburgo (África do Sul), a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, encontro que ficou conhecido como Rio+10. Seu principal objetivo foi tentar acelerar a aplicação da agenda ecológica mundial (Agenda 21) definida na ECO-92, ocorrida dez anos antes no Rio de Janeiro.

Em 2005 o Protocolo de Kyoto tentou adquirir força de lei internacional. Ao longo de toda a década, a agenda ambiental tornou-se mais extensa, o que indicava a preocupação cada vez maior dos governos com a preservação do ambiente terrestre. Entre os diversos projetos, em 2009 foi inaugurada em Osaka (Japão) a Eco Ideas House (Casa

Atividades finais



Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

1. A emissão de poluentes por automóveis e indústrias é mais ou menos constante ao longo do ano; entretanto, nos grandes centros industriais brasileiros, têm-se verificado níveis alarmantes de poluentes atmosféricos junto ao solo, principalmente nos meses mais frios. Por que isso ocorre? Responda por meio de um infográfico.

2. (Enem)

2. c A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nitroso (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

(Fonte: BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. In: MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000)

CONTINUAÇÃO DA PÁGINA ANTERIOR

das Ecoideias), com o objetivo de demonstrar que é possível adotar um estilo de vida em que a emissão de CO₂ seja próxima de zero. Logo depois, diversos países da Ásia, da África e das Américas adotaram iniciativas semelhantes.

Perspectivas para as próximas décadas

Para as próximas décadas pode-se esperar avanços na compreensão de muitos problemas ambientais e em suas soluções. A poluição do ar, relacionada principalmente à queima de combustíveis fósseis, tenderá a diminuir à medida que a humanidade desenvolver fontes de energia mais "limpas". Entre elas, a energia geotérmica (obtida do calor da Terra), a energia solar e a energia eólica são alternativas bastante promissoras. Em dezembro de 2015 ocorreu a 21^a Conferência do Clima (COP 21), em Paris. O principal objetivo desse encontro foi obter um acordo mais consistente entre os países para diminuir a emissão de gases intensificadores do efeito estufa, que causam aquecimento atmosférico e aumento da temperatura global. O controle das emissões de gases intensificadores do efeito estufa é um dos importantes desafios desta década e das próximas.

De 2011 a 2020 houve pouco otimismo quanto ao controle do aumento do efeito estufa e da temperatura média global. O Protocolo de Kyoto, ainda não assinado pelos Estados Unidos, perde força e importância e é cada vez menos respeitado pelos signatários. Um relatório das Nações Unidas prevê que, na melhor das hipóteses, em 2020 o planeta terá 6 bilhões de toneladas de CO₂, além do limite necessário para manter o aquecimento atmosférico inferior a 2 °C.

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é

- a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH₄.
- c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO₂ da atmosfera.
- d) aumentar a concentração atmosférica de H₂O, molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

3. (UFRGS-RS) A Ecobarreira instalada no arroio Dilúvio, em Porto Alegre, 3. d já retirou 33 toneladas de lixo que descem pelas águas até o Guaíba. A cada dia, centenas de garrafas PET, sacos de lixo, pneus e frutas deterioradas são içados em uma gaiola e removidos do local pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU).

Considere as seguintes afirmações sobre a poluição das águas.

- I. A matéria orgânica lançada nos rios aumenta a quantidade de nutrientes, causando a eutrofização.
- II. A remoção do sedimento acumulado nos cursos d'água urbanos facilita o escoamento das águas das chuvas, evitando transbordamento e alagamentos.
- III. A remoção dos objetos lançados nos cursos d'água urbanos impede a proliferação de larvas de mosquitos.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- c) Apenas III.
- b) Apenas II.
- d) Apenas I e II.
- e) I, II e III.

4. (Unicamp-SP)

4. d

O acidente radioativo na usina de Chernobyl, na Ucrânia, em 1986, exigiu a evacuação de mais de 100 mil pessoas em um raio de 30 km. Até hoje, a região é isolada e o acesso público, restrito. Pouco tempo após o acidente, muitos estudos indicaram que vários organismos, entre os quais aranhas e insetos, haviam sofrido efeitos negativos da radiação. Porém, estudos recentes, utilizando armadilhas fotográficas e imagens aéreas, mostraram que a cidade-fantasma foi ocupada por diversas espécies de plantas e animais, cuja abundância tem aumentado na região.

Fonte: Holand Oliphant, 30 years after Chernobyl disaster, wildlife is flourishing in radio-active wasteland, *The Telegraph*, 24/04/2016.

Escolha a alternativa que fornece uma explicação correta para o fenômeno descrito no texto anterior.

- a) A radiação diminui a taxa fotossintética de plantas, porém a ação de descontaminação do ambiente pelo homem permite o retorno de populações de plantas e, portanto, dos organismos que delas se alimentam.
- b) A radiação aumenta a taxa de mutação e acelera o metabolismo de plantas, favorecendo sua taxa reprodutiva, o que leva a aumento de suas populações e, consequentemente, das populações de herbívoros.
- c) A radiação reduz os tumores de animais e plantas, aumentando a taxa de sobrevivência desses seres vivos e, consequentemente, o tamanho de suas populações e das de seus consumidores.
- d) A radiação tem impactos negativos sobre animais e plantas, porém a ausência de atividade humana no ambiente contaminado por radiação favorece o crescimento das populações desses organismos.

Ampliando os conhecimentos

CAPÍTULO 1

Impresso

Pioneira centenária. Revista *Pesquisa Fapesp*.

O artigo trata da recuperação das araucárias em áreas desmatadas e da importância dessa espécie para o ecossistema local. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/pioneira-centenaria/>>. Acesso em: jul. 2020.

As saúvas: uma sociedade de formigas. Revista *Pesquisa Fapesp*.

O vídeo foi produzido por uma aluna de Ciências Biológicas como parte de seu projeto de iniciação científica na Universidade de São Paulo (IB-USP) em 2008.

Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/as-sa%C3%BAvas-uma-sociedade-de-formigas/>>. Acesso em: jul. 2020.

CAPÍTULO 2

Impresso

Proposta de um jogo didático para ensino do conceito de equilíbrio químico, de Márlon Herbert Flora Barbosa Soares, Fabiano Okumura e Éder Tadeu Gomes Cavalheiro. *Química Nova na Escola*, n. 18, 2003. p. 13-17.

Propõe atividade em que se simula o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico. Discute a utilidade didática dessa simulação, bem como as limitações do modelo.

Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro, de José Atilo Vanin. 2. ed. atualizada. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica)

Paradidático que oferece um panorama da atuação da Química e dos químicos. Ele apresenta um capítulo que comenta a história e a importância do processo de Haber-Bosch para a síntese da amônia.

CAPÍTULO 3

Impresso

A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas, de Sérgio Quadros. São Paulo: Scipione, 1996. (Coleção Ponto de Apoio)

Este livro conta a história da Termodinâmica e apresenta os conceitos fundamentais da ciência do calor, desde as confusas ideias do início do século XVII até uma teoria completa do final do século XIX.

Internet

Comportamento das moléculas de um gás, da Universidade do Colorado (EU).

Simulador em HTML5 que permite visualizar o movimento das moléculas e seu comportamento à medida que se varia a temperatura, o volume ou a pressão do gás, analisando como isso afeta a pressão. Site em inglês. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_en.html>. Acesso em: jul. 2020.

CAPÍTULO 4

Impresso

Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil, de Eduardo da Silva e Ruth Rumiko Hashimoto da Silva. São Paulo: Scipione, 1997. (Coleção O Universo da Ciência)

Os autores destacam a comparação entre os dois combustíveis nos motores de combustão interna quanto ao rendimento (produção de energia útil) e à poluição ambiental.

Calor: o motor das revoluções, de Alexandre Custódio Pinto, Cristina Leite e José Alves da Silva. São Paulo: Editora do Brasil, 2000. (Coleção PEC – Projeto Escola e Cidadania – Física)

Por meio do estudo das máquinas térmicas, os autores apresentam conceitos básicos de Termodinâmica, algumas aplicações atuais e as consequências sociais do desenvolvimento industrial moderno.

CAPÍTULO 5

Impresso

Vivendo no cerrado e aprendendo com ele, de Marcelo Bizerril. São Paulo: Saraiva, 2004.

Nessa obra, o autor revela que os vegetais do cerrado têm grande potencial alimentício, medicinal e madeireiro e que parte de sua fauna pode ser criada e manejada com fins econômicos. O livro aborda também os grupos indígenas que habitam a região e traz informações arqueológicas sobre a presença da espécie humana no local, há cerca de 11 mil anos.

CAPÍTULO 6

Impresso

De Svante Arrhenius ao peágâmetro digital: 100 anos de medida de acidez, de Michelle da S. Gama e Júlio C. Afonso. *Química Nova*, v. 30, n. 1, 2007. p. 323-239.

Descreve o estabelecimento da escala de pH e a evolução da medição dessa grandeza.

A química do refrigerante, de Ana Carla da Silva Lima e Júlio Carlos Afonso. *Química Nova na Escola*. v. 31, n. 3, 2009, p. 210-215.

Artigo que fornece informações acerca da composição e das propriedades dos refrigerantes. Inclui dados sobre a produção, os aditivos e a carbonatação.

A evolução da atmosfera terrestre, de Wilson F. Jardim. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 1, 2001. p. 5-8.

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. O autor comenta o fato de o efeito estufa, bem dosado, ser fundamental para a vida na Terra, pois, sem ele, a temperatura média do planeta seria inferior a -15°C . O problema ambiental do efeito estufa está na sua intensificação causada pelas emissões de gás carbônico resultantes de atividades humanas.

CAPÍTULO 7

Impresso

O meio ambiente em debate, de Samuel Murgel Branco. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica)

Esse paradidático pode ser usado para acompanhar de perto boa parte do curso de Ciências da Natureza no Ensino Médio. Ele contém inúmeros pontos referentes à intervenção humana no meio ambiente e seus reflexos para os ecossistemas e para o próprio ser humano. No tocante a este volume, há informações sobre poluição e chuva ácida.

O conceito de solução tampão, de Antonio Rogério Fiorucci, Márlon Herbert Flora Barbosa Soares e Éder Tadeu Gomes Cavalheiro. *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001. p. 18-21. (Veja também errata no n. 14, p. 46.)

Artigo apresenta o desenvolvimento histórico do conceito de solução tampão e o contextualiza com os conceitos de equilíbrio químico e do princípio de Le Chatelier.

CAPÍTULO 8

Impresso

Nas ondas da luz, de Valdir Montanari e Paulo Cunha. São Paulo: Moderna, 1995. (Coleção Desafios)

Nessa obra, os autores traçam uma retrospectiva histórica da evolução dos conceitos sobre a luz, evidenciando suas principais aplicações práticas e tecnológicas.

Ondas e bits, de Mauro M. Doria e Franciole de Cunha Marinho. São Paulo: Livraria da Física, 2006. (Coleção Temas Atuais de Física)

O livro apresenta alguns princípios da Física Ondulatória necessários para compreender o mundo da comunicação digital. A obra discorre sobre sistemas de transmissão de mensagens, como o telégrafo e a internet.

Internet

Propagação de perturbações em uma corda, da Universidade do Colorado (EU).

Nesse simulador em inglês, criado pela Universidade do Colorado, você poderá gerar pulsos e ondas em uma corda e visualizar alguns dos fenômenos ondulatórios estudados. Experimente as diferentes possibilidades e altere os parâmetros de tensão na corda, o amortecimento e o tipo de vínculo na extremidade da corda. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string>. Acesso em: jul. 2020.

CAPÍTULO 9

Impresso

Ecologia da cidade, de Samuel Murgel Branco. São Paulo: Moderna, 2013. (Coleção Desafios)

O autor aponta as principais causas do desequilíbrio do meio urbano, procurando estabelecer formas de garantir o seu reequilíbrio.

Energia e meio ambiente, de Samuel Murgel Branco. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica)

O livro faz um balanço de nossos estoques energéticos e das várias alternativas de seu aproveitamento. Além disso, mostra as implicações ambientais de cada uma delas, questionando, sobretudo, as necessidades reais do aumento contínuo e indefinido do consumo de energia, que vem acompanhando o desenvolvimento e o progresso de nossa civilização.

Plásticos: bem supérfluo ou mal necessário?, de Eduardo Leite do Canto. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica)

Neste livro, o autor aborda o contexto em que surgem as questões relativas ao plástico. Como consequência, permite um posicionamento consciente do leitor diante delas.

Poluição do ar, de Samuel Murgel Branco e Eduardo Murgel. São Paulo: Moderna, 2010. (Coleção Polêmica)

O livro apresenta algumas noções sobre os fenômenos complexos envolvidos na composição da atmosfera e analisa os inúmeros fatores que podem contribuir – direta ou indiretamente – para que o ar seja alterado, especialmente nos grandes centros urbanos.

Internet

Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclagem

O site da Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alta Reciclagem apresenta muitas informações sobre as latas de alumínio e sobre as vantagens de sua reciclagem. Não deixe de explorar o link “Meio ambiente” e de assistir ao vídeo sobre as etapas do processo de reciclagem. Destaque também para os projetos sociais e para a receita caseira, do professor Cláudio Furukawa, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, para gelar uma latinha em três minutos. Disponível em: <<http://www.abralatas.org.br/>>. Acesso em: jul. 2020.

Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro

O site da Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro contém muitas informações sobre a história, a fabricação e a reciclagem do vidro. Disponível em: <<https://abividro.org.br/>>. Acesso em: jul. 2020.

Instituto Socioambiental dos Plásticos

O site do Instituto Socioambiental dos Plásticos – Plastivida contém informações sobre meio ambiente e sustentabilidade, além de tratar sobre os diferentes tipos de plástico, desde a matéria-prima usada na fabricação até o produto final e seu descarte. Disponível em: <<http://www.plastivida.org.br/index.php?lang=pt>>. Acesso em: jul. 2020.

CAPÍTULO 10

Impresso

Poluição vs. tratamento de água: duas faces da mesma moeda, de Eduardo Bessa Azevedo. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 21-25. (Veja também errata no n. 14, p. 46.)

O autor discute o que é poluição, quais suas fontes e que métodos há para seu controle.

As águas do planeta Terra, de Marco Tadeu Grassi. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 1, 2001. p. 31-40. 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.

Água: origem, uso e preservação, de Samuel Murgel Branco. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. (Coleção Polêmica) Paradidático que apresenta aspectos relacionados à importância da água para o ser humano e para o ambiente, bem como sobre formas de poluição e de tratamento da água.

CAPÍTULO 11

Impresso

Adolescência, de Guila Azevedo. São Paulo: Scipione, 2004.

O livro aborda assuntos de interesse dos adolescentes, como namorar ou ficar, a escolha da profissão, o problema das drogas e a violência, entre outros, para os jovens enfrentarem o difícil caminho em busca da maturidade.

Internet

Para que serve o sexo?, de Jerry Carvalho Borges. *Ciência Hoje*.

O artigo discute as vantagens e as desvantagens das formas sexuada e assexuada de reprodução. Disponível em: <<https://cienciahoje.org.br/coluna/para-que-serve-o-sexo/>>. Acesso em: jul. 2020.

Uma casa com três senhores, de Jerry Carvalho Borges. *Ciência Hoje*.

Esse texto aborda a formação de embriões humanos com 69 cromossomos e relata que pesquisadores têm procurado esclarecer como podem se formar e se desenvolver, pelo menos durante algum tempo, embriões e fetos humanos com conjuntos extras de cromossomos. Disponível em: <<https://cienciahoje.org.br/coluna/uma-casa-com-tres-senhores/>>. Acesso em: jul. 2020.

CAPÍTULO 12

Impresso

População e ambiente: desafios à sustentabilidade, de Daniel Joseph Hogan, Eduardo Marandola Jr. e Ricardo Ojima. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

Esse livro apresenta análises do impacto do conceito de desenvolvimento sustentável no Brasil e tem como objetivo analisar o que está sendo feito para evitar um crescimento populacional sem controle e uma industrialização predatória, cuja ênfase esteja apenas no crescimento econômico. Analisa também o que pode ser feito para reduzir a poluição e os impactos ambientais em geral, aumentar a produção de alimentos sem destruir as florestas e evitar a exaustão dos recursos naturais por meio do uso de fontes alternativas de energia e de outros produtos renováveis.

O desafio do desenvolvimento sustentável, de Roberto Giansanti. São Paulo: Atual, 2004.

Esse livro foi organizado a partir de três eixos centrais – a constituição das sociedades modernas; a relação entre os processos de modernização econômica e a emergência de impactos ambientais; e a possibilidade de combinar desenvolvimento com uso e gestão racional dos recursos naturais.

Internet

Reciclar é preciso. Portal Fiocruz.

Esse artigo trata da importância da reciclagem dos plásticos, material presente nas embalagens dos mais diversos produtos de uso cotidiano, como xampus, iogurtes e sacolinhas plásticas. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1166&sid=8>>. Acesso em: jul. 2020.

Tabela periódica dos elementos (IUPAC)

→ Numeração dos grupos de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC)

He	2	helio	4,0
H	1	hidrogênio	1,0
Li	3	lítio	6,9
Na	11	sódio	23,0
Mg	12	magnésio	24,3
Ca	20	calcio	40,1
Sc	21	escandio	45,0
Ti	22	titanio	47,9
V	23	vaneídio	50,9
Cr	24	cromo	52,0
Mn	25	manganês	54,9
Fe	26	ferro	55,8
Co	27	cóbalto	58,9
Ni	28	níquel	58,7
Cu	29	cobre	63,5
Zn	30	zinc	65,4
Ga	31	gálio	69,7
Ge	32	germânia	72,6
As	33	arséntio	74,9
Se	34	selênio	79,0
Br	35	bromo	79,9
Cl	36	cloro	35,5
S	37	enxofre	32,1
P	38	fósforo	31,0
O	39	oxigênio	16,0
N	40	nitrogênio	14,0
C	42	carbono	12,0
B	43	berilo	10,8
Al	13	álumínio	14,0
Si	14	silício	28,1
Ge	27,0	germânia	27,0
In	47	prata	107,9
Pd	48	palladio	106,4
Ag	49	prata	112,4
Cd	50	cadmio	118,7
Sn	51	estanho	121,8
Te	52	telêrmio	127,6
I	53	iodo	126,9
At	85	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
Ir	76	iridio	183,8
Os	75	ruthénio	180,9
W	74	taumônio	178,5
Ta	73	taumônio	173,3
Hf	72	hafnio	132,9
Rb	38	rubidio	87,6
Sr	39	estrônio	88,9
Y	40	ittrio	91,2
Zr	41	zirconio	92,9
Nb	42	niobio	95,9
Mo	43	molibdénio	95,9
Tc	44	tecnicio	95,9
Ru	45	ruídio	101,1
Pd	46	ruídio	102,9
Ag	47	prata	107,9
Cd	48	cadmio	112,4
Sn	49	estanho	118,7
Te	50	telêrmio	121,8
I	51	iodo	127,6
At	52	astato	209,0
Po	84	polônio	207,2
Bi	83	bismuto	204,4
Pb	82	chumbo	200,6
Hg	79	mercúrio	197,0
Au	80	ouro	195,1
Tl	78	platina	192,2
Pt	77	platina	186,2
<			

Nome	Símbolo	Massa atômica
Láutanió	La	138,9
Cereto	Ce	140,1
Praseodímio	Pr	140,9
neodímio	Nd	144,2
Prometío	Pm	140,4
Samarto	Sm	150,4
Europio	Eu	152,0
Gadolínia	Gd	157,3
Tetrio	Tb	158,9
Dysprísio	Dy	162,5
Holmia	Ho	164,9
Ertrio	Er	167,3
Tmlio	Tm	168,9
itetrão	Yb	173,0
lutecio	Lu	175,0
laurêncio	Lr	103
No	No	102
Md	Md	101
Fm	Fm	100
Es	Es	99
Cf	Cf	98
Cm	Cm	96
Am	Am	95
Pu	Pu	94
Plutônio	Pu	94
americio	Am	94
curto	Cm	94
berquelônio	Bk	97
calítrio	Cf	98
emisônio	Cf	99
ferrônio	Fm	100
mendelevio	Md	101
nobelio	No	102

Tabela periódica da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), com as massas atómicas aqui apresentadas com um algarismo após a vírgula. A massa atómica não está apresentada no caso de elementos que não têm isótopos estáveis. Os dados são provenientes de <<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>> (acesso em: maio 2020), onde atualizações são periodicamente disponibilizadas.

Referências bibliográficas

- AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. Cotia: Ateliê, 2003.
Este livro é uma referência para o estudo dos domínios morfoclimáticos brasileiros.
- ATKINS, P. W. et al. *Chemical principles: the quest for insight*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2013.
Livro usado como fonte de informações para o capítulo de escala de pH.
_____. *Physical Chemistry*. 11. ed. Oxford: Oxford University Press, 2018.
Livro que trata diversos aspectos de físico-química.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2005.
Este livro é uma referência para estudos de aspectos de Ecologia.
- BLOOMFIELD, L. A. *How things work: the Physics of everyday life*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
Este livro fornece ao estudante uma introdução acessível à Física utilizando objetos do cotidiano para explicar os conceitos mais essenciais da Física do dia a dia.
- BUCHEL, K. H. et al. *Industrial Inorganic Chemistry*. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2000.
Este livro é uma referência de Química Inorgânica e para o estudo da escala de pH.
- CAREY, F. A.; SUNDBERG, R. J. *Advanced Organic Chemistry: Part A: Structure and Mechanisms*. 5. ed. Nova York: Springer, 2007.
Livro usado no estudo de ácidos e bases na Química Orgânica.
- CAREY, F. A. et al. *Organic Chemistry*. 11. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2020.
Este livro foi fonte de informações para o estudo de aspectos relacionados à acidez e basicidade em Química Orgânica.
- CHAGAS, A. P. *Termodinâmica química: fundamentos, métodos e aplicações*. Campinas: Editora da Unicamp, 1999.
Este livro foi usado como referência para equilíbrio químico.
- CHAVES, A. *Física básica: gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
O livro contém tópicos de gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica e uma introdução à física estatística clássica.
- DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1978.
Livro com informações variadas sobre ecologia.
- EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. *General Chemistry*. 11. ed. Boston: Cengage, 2017.
Material com aspectos gerais de Química, como equilíbrios iônicos em solução aquosa.
- EHRLICH, A. H. *The human population: size and dynamics*. American Zoologist, v. 25, p. 395-406, 1985.
Este artigo contém tópicos sobre impactos do crescimento da população humana.
- FOLMER-JOHNSON, T. N. O. *Elementos de termologia*. São Paulo: Nobel, 1965.
Este livro apresenta um estudo introdutório completo e abrangente sobre conceitos relacionados à termologia.
_____. *Oscilações, ondas e acústica*. São Paulo: Nobel, 1965.
Este livro apresenta um estudo introdutório completo e abrangente sobre conceitos relacionados ao tema "oscilações, ondas e acústica".
- GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.
Material usado como referência para o estudo de aspectos da reprodução humana.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.
Os livros da coleção "Fundamentos de Física – Volumes 1 a 4" apresentam um estudo introdutório completo e abrangente de Física. Os conteúdos estão vinculados ao cotidiano prático e real, com a presença de exemplos e problemas ligados a diversas áreas da Ciência.
_____. *Fundamentos de Física: óptica e física moderna*. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 4.
Os livros da coleção "Fundamentos de Física – Volumes 1 a 4" apresentam um estudo introdutório completo e abrangente de Física. Os conteúdos estão vinculados ao cotidiano prático e real, com a presença de exemplos e problemas ligados a diversas áreas da Ciência.
- HARRIS, D. C. *Quantitative Chemical Analysis*. 9. ed. Nova York: Freeman, 2016.
Material usado no capítulo que aborda aplicações da escala de pH.
- HARRISON, G. A.; WEINER, J. S.; TANNER, J. M.; BARNICOT, N. A. *Human Biology*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1977.
Livro usado no estudo de aspectos da reprodução humana.

- HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- Manual com diversas informações de Química e Física, usado para obter dados quantitativos no estudo de equilíbrios iônicos e escala de pH.*
- HEWITT, P. G. *Física conceitual*. São Paulo: Bookman, 2011.
- A obra torna o estudo da Física interessante e compreensível, mesmo para quem não é da área, ao explicar conceitos físicos antes de aplicá-los em cálculos. O texto apresenta analogias, narrativas acessíveis, representações simples das relações matemáticas subjacentes e imagens da vida real para construir um sólido conhecimento conceitual dos princípios da Física.
- HILL, J. W. et al. *Chimie des solutions*. 2. ed. Quebec: ERPI, 2008.
- Este livro aborda aspectos físico-químicos de soluções.
- KELLER, J.; WOTHERS, P. *Why chemical reaction happen*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- Material com informações sobre equilíbrio químico.
- LENZI, E.; FAVERO, L. O. B. *Introdução à Química da atmosfera: ciência, vida e sobrevivência*. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- Este livro trata de transformações químicas na atmosfera e suas consequências para o pH da chuva, do solo e de ambientes aquáticos.
- LEVINE, I. *Physical Chemistry*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
- Livro que trata diversos aspectos de Físico-química usados no estudo de equilíbrios químicos.
- MOORE, J. W.; STANITSKI, C. L. *Chemistry: the molecular science*. 5. ed. Stamford: Cengage, 2015.
- Este livro aborda diversos aspectos da Química, como equilíbrio químico.
- PHILLIPSON, J. *Ecologia energética*. São Paulo: Companhia Editora Nacional/Edusp, 1969.
- O material traz informações sobre transferências energéticas na natureza.
- REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- Livro usado como fonte de informação para diversos aspectos da biologia.
- RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- Material que aborda diversos aspectos sobre relações entre os seres vivos.
- SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. *Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica*. São Paulo: Thomson Learning, 2004. v. 2.
- Este livro apresenta de forma clara os conceitos e os princípios básicos da termodinâmica e do movimento ondulatório, com conteúdo vinculado ao cotidiano prático e real, para motivar o estudante.
- SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry: the molecular nature of matter and change*. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018.
- Livro que trata de aspectos da matéria e suas transformações.
- SKOOG, D. A. et al. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 9. ed. Belmont: Cengage, 2014.
- Livro com diversas informações sobre Química Analítica utilizado no estudo de equilíbrios iônicos.
- SMITH, J. G. *Organic Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2017.
- Material usado para o estudo de ácidos e bases na Química Orgânica.
- SOLOMONS, T. W. G. et al. *Organic Chemistry*. 12. ed. Hoboken: Wiley, 2016.
- Livro usado como referência no estudo de ácidos e bases na Química Orgânica.
- STUMM, W.; MORGAN, J. J. *Aquatic Chemistry; chemical equilibria and rates in natural waters*. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1996.
- Este livro foi usado como fonte de informações para o estudo de equilíbrios iônicos em solução aquosa.
- VOLLHARDT, K. P. C.; SCHORE, N. E. *Organic Chemistry: structure and function*. 8. ed. Nova York: Freeman, 2018.
- Este material foi fonte para o capítulo de ácidos e bases na Química Orgânica.
- ZEMANSKY, M. W.; DITTMAR, R. H. *Heat and thermodynamics*. 7. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997.
- Este livro foi usado como fonte de consulta para aspectos conceituais envolvidos no capítulo sobre equilíbrio químico.
- ZUMDAHL, S. S. et al. *Chemistry*. 10. ed. Boston: Cengage, 2018.
- Livro com diversos aspectos sobre Química, usado no estudo de aplicações da escala de pH.





MODERNA

ISBN 978-65-5779-325-1

A standard linear barcode representing the ISBN 9786557793251.

9 786557 793251