SÔNIA LOPES
SERGIO ROSSO

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE

CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Energia e Consumo sustentável

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.

Código da coleção: 0194P21203
Código da obra: 0194P21203134

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias

MODERNA

MODERNA

SÔNIA LOPES

Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Licenciada em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo.
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Professora universitária aposentada.

SERGIO ROSSO

Licenciado em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor.

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE
Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos. Editora.

CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Energia e Consumo sustentável

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Elaboração de originais

Artur Guazzelli Leme Silva

Bacharel em Química Ambiental pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Bianca Trama Freitas

Licenciada em Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental pela Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades (SP). Mestra em Ciências (Programa de Pós-graduação em Biologia Química) pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Doutora em Ciências dos Materiais (área de Química dos Materiais) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (SP). Professora.

Carlos Mariz de Oliveira Teixeira

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Licenciado em Física pelo Instituto de Física e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Física pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Fabio Rizzo de Aguiar

Bacharel em Ciências com habilitação em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Licenciado pleno em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Doutor em Química pela Universidade do Porto revalidado pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Graciele Almeida de Oliveira

Bacharel em Química e doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área: Bioquímica) pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Pesquisadora e professora.

Ivo Bernardi de Freitas

Bacharel e licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestre em Química na área de Química Inorgânica pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Químico.

Joana Guilares de Aguiar

Bacharel e licenciada em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Juliana Maia

Licenciada em Química pela Universidade Estadual de Santa Cruz (BA). Licenciada em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Lina M. Almeida-Silva

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (BA). Doutora em Ciências (área de concentração: Zoologia) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Nathália Helena Azevedo

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Licenciada pelo Programa Especial de Formação Pedagógica em Biologia pelo Centro Universitário Claretiano – CEUCLAR (SP). Mestra em Ciências no programa: Ecologia (área de concentração: Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) pela Universidade de São Paulo (SP). Bióloga.

Oliveira-Junior, M. M.

Licenciado em Química pelos Instituto de Química e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Patrícia Araújo dos Santos

Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora e professora.

Rodrigo Uchida Ichikawa

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Rosana Louro Ferreira Silva

Licenciada em Ciências pela Faculdade de Ciências Exatas e Experimentais da Universidade Mackenzie (SP). Doutor em Educação (área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora universitária.

Tathyana Tumolo

Bacharel em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP). Licenciada em Química pela Universidade de Franca (SP). Pós-doutorada pelo Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Tatiana Tavares da Silva

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale da Paraíba (SP). Mestre em Ciências, no programa: Ensino de Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia), área de concentração: Ensino de Biologia, pela Universidade de São Paulo (USP). Doutora em Educação, na área de concentração: Educação Científica, Matemática e Tecnológica, pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Vinicius Roggério da Rocha

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Meteorologia pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Edição de texto: Thalita B. C. Encarnação (Coordenação), Andreza C. Souza Silva, Artur Guazzelli Leme Silva, Carlos M. de Oliveira Teixeira, Carolina Rossi, Fabio Rizzo de Aguiar, Izabel Bueno, Jeferson Felix, Juliana Bardi, Juliana de Oliveira Maia, Livia Aceto, Luiz A. de Paula, Maiara Oliveira Soares, Marina M. de Brito, Marina Vieira Santos, Matheus C. Torres, Patrícia A. dos Santos, Pedro Magalhães, Rafaela W. Sobrinho, Rodrigo Uchida Ichikawa, Tathyana C. Tumolo, Tatiani A. G. Donato

Assessoria pedagógica: Daniela Ferrari

Preparação de texto: Fabiana Biscaro, Malvina Tomaz

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: APIS Design, Bruno Tonel, Douglas Rodrigues José

Capa: APIS Design, Bruno Tonel

Foto: Arte computadorizada de um nanorrobô hipotético capaz de interagir com células infectadas. Roger Harris / Science Photo Library / Fotoarena

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Adriana Santana, Clayton Renê P. Soares, Eliazar Alves Cavalcanti Junior

Editoração eletrônica: Teclas editorial

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Luciana Azevedo, Nair H. Kayo, ReCriar Editorial

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Márcia Mendonça

Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues

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

Pré-impressão: 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)

Lopes, Sônia
Ciências da natureza : Lopes & Rosso : manual do professor / Sônia Lopes, Sergio Rosso ; editora responsável Maíra Rosa Carnevalle. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Conteúdo: Evolução e universo -- Energia e consumo sustentável -- Água, agricultura e uso da terra -- Poluição e movimento -- Corpo humano e vida saudável -- Mundo tecnológico e ciências aplicadas
Bibliografia.

1. Biologia (Ensino médio) 2. Física (Ensino médio) 3. Química (Ensino médio) I. Rosso, Sergio. II. Carnevalle, Maíra Rosa. III. Título.

20-36705 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

EDITORA 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

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

Suplemento para o professor

Caro Professor,

A chegada da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) trouxe mudanças significativas para toda a área educacional. Não só o papel da escola e a atuação de professores e estudantes precisam ser ressignificados, mas também os materiais didáticos. O documento deixa explícita a necessidade de

> [...] superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, **o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem** e na construção de seu projeto de vida (BRASIL, p. 15, 2018, destaque nosso).

Tendo em vista esse contexto, o novo Ensino Médio pretende atender às necessidades e às expectativas dos estudantes, fortalecendo seu interesse, engajamento e protagonismo, visando garantir sua permanência e aprendizagem na escola. Também busca assegurar o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores capazes de formar as novas gerações aptas para lidar com desafios pessoais, profissionais, sociais, culturais e ambientais do presente e do futuro, considerando a intensidade e a velocidade das transformações que marcam as sociedades na contemporaneidade.

Assim, o estudo das **Ciências da Natureza e suas Tecnologias** é indispensável na sociedade contemporânea em razão da influência que essas ciências exercem no cotidiano de todos. Os conhecimentos nessa área atuam em diferentes aspectos, que abrangem desde noções básicas sobre o funcionamento dos organismos e dos objetos até melhoria da qualidade de vida, manutenção do meio ambiente e geração de energia para todos. Portanto, compreender as mudanças geradas por influência da Ciência e da tecnologia e refletir e agir mediante conhecimentos científicos adquiridos no decorrer da vida escolar são atitudes essenciais na formação de todos os estudantes brasileiros.

Desse modo, o ensino de Ciências da Natureza, em todas as etapas da Educação Básica, necessita abordar conceitos, leis, teorias e modelos focando no desenvolvimento de competências e habilidades, além de permitir que os estudantes compreendam, interpretem e apliquem os conhecimentos científicos na resolução de problemas individuais e coletivos em diferentes esferas da vida. Ou seja, ao mesmo tempo que o ensino se compromete com o letramento científico, ele deve proporcionar aos estudantes condições que estimulem a investigação, a análise e a discussão das problemáticas que podem surgir de diferentes contextos socioculturais.

Com isso em mente, procuramos neste Suplemento, apresentar a você, professor, as escolhas teórico-metodológicas que embasam a Coleção e, sobretudo, apoiá-lo no processo de mediação entre os conteúdos científicos e as práticas cotidianas vivenciadas pelos estudantes. Buscamos também inspirar sua prática docente, viabilizando um diálogo constante entre as nossas propostas, as suas perspectivas pedagógicas e o contexto sociocultural dos estudantes. Como resultado dessa interação, as possibilidades sugeridas se multiplicam, pois, quando somadas às suas experiências e aos seus conhecimentos, poderão efetivamente contribuir para o ensino de Ciências mais significativo que todos almejamos.

Para facilitar a organização das informações, dividimos este Suplemento em orientações gerais e orientações específicas. Nas orientações gerais são apresentadas a organização e a proposta da Coleção, explicando a estruturação dos volumes à luz dos pressupostos teórico-metodológicos que embasaram sua elaboração. Destacamos como a Coleção se articula com esses referenciais, com a BNCC e seu material de apoio. Exploramos também sugestões de abordagem e de uso da Coleção, de acordo com algumas opções de estrutura do curso: bimestral, trimestral ou semestral. Nas orientações específicas há sugestões, para todos os volumes, de organização do trabalho em sala de aula visando colaborar no planejamento, na condução e na avaliação do ensino. Entretanto, reforçamos aqui nosso objetivo de estabelecer uma parceria valorizando seu conhecimento acerca da realidade de sua escola e de seus estudantes. Assim, caberá a você, professor, fazer as escolhas na busca por melhores caminhos para favorecer a aprendizagem dos educandos. Nossa função é oferecer subsídios para que você siga a jornada educacional com apoio e confiança.

Conte conosco e bom trabalho!

Os Autores.

MODERNA

Sumário

Orientações gerais sobre a Coleção V

Formação geral básica para o Ensino Médio: competências e habilidades da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias V

Organização e proposta da Coleção VII

Organização do Livro do estudante VIII

Organização do Suplemento para o professor X

Sugestões de uso da Coleção X

Pressupostos teóricos da Coleção XI

Aspecto teórico-metodológico na perspectiva da alfabetização científica XI

Contextualização no ensino de Ciências por meio da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade XII

A argumentação na perspectiva da alfabetização científica XIII

A importância das práticas investigativas para a alfabetização científica XIII

O pensamento computacional e o ensino de Ciências da Natureza XVI

Alfabetização midiática: do acesso à criação de mídias XVII

A leitura inferencial como objeto de conhecimento XVIII

O jovem do Ensino Médio como protagonista XIX

Ressignificando o papel do professor e sua prática pedagógica XX

Metodologias ativas XXI

Rotinas de pensamento XXI

Avaliação a serviço da aprendizagem XXII

Justificativa e objetivos deste volume XXIV

Referências bibliográficas XXV

Orientações específicas por Unidade XXVIII

Unidade 1 Energia e vida XXVIII

Unidade 2 Desenvolvimento sustentável LXVI

Resoluções das atividades C

MODERNA

Formação geral básica para o Ensino Médio: competências e habilidades da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

O novo Ensino Médio simboliza uma reforma no atual modelo de ensino do país, o qual vem sendo marcado por altos índices de evasão e piores indicadores de aprendizado de toda a Educação Básica. Conforme o Ministério da Educação, a grande aposta desse novo modelo centra-se em

> [...] atender às necessidades e às expectativas dos jovens, fortalecendo o protagonismo juvenil na medida em que possibilita aos estudantes escolher o itinerário formativo no qual desejam aprofundar seus conhecimentos. Um currículo que contemple uma formação geral, orientada pela BNCC, e também itinerários formativos [...] contribuirá para maior interesse dos jovens em acessar a escola e, consequentemente, para sua permanência e melhoria dos resultados da aprendizagem.
>
> **Fonte:** 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: 30 maio 2020.

Para atender a essa nova perspectiva, a carga horária será aumentada gradativamente de 800 para 1.000 horas por ano letivo, totalizando 3.000 horas em todo o Ensino Médio. Até 1.800 horas serão garantidas para a **formação geral básica**, com os conhecimentos previstos na BNCC, e o restante da jornada deverá ser destinado aos **itinerários formativos**, que visam à formação técnica e profissional, valorizando a escolha dos estudantes em sua trajetória escolar. Outra alteração diz respeito à organização do Ensino Médio em quatro áreas do conhecimento, que têm como finalidade a integração dos componentes curriculares para propiciar aos estudantes melhor compreensão da complexa realidade em que vivem e maior protagonismo juvenil. São elas:

- Linguagens e suas Tecnologias (Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Arte e Educação Física);
- Matemática e suas Tecnologias (Matemática);
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física e Química);
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (Geografia, História, Sociologia e Filosofia).

Os componentes curriculares Português e Matemática são obrigatórios ao longo de todo Ensino Médio, além da língua materna, no caso de indígenas. A oferta de Língua Inglesa, embora obrigatória, pode ser realizada em qualquer um dos três anos. Essa nova estrutura permite maior flexibilização curricular e incentiva o desenvolvimento das práticas interdisciplinar e multidisciplinar.

Desse modo, o Ensino Médio constitui-se na etapa da Educação Básica que busca o aprofundamento e a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do Ensino Fundamental, garantindo o desenvolvimento de competências necessárias para o trabalho e para o exercício da cidadania.

Esta Coleção busca oferecer a **formação geral básica** dos estudantes por meio de competências e das habilidades previstas pela BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, traduzindo as expectativas propostas por esse documento e atendendo às demandas contemporâneas do século XXI. Vale ressaltar que a BNCC é um documento normativo cujos propósitos são balizar a qualidade do ensino e das políticas educacionais no país e estabelecer direitos de aprendizagem e desenvolvimento comuns às diversas propostas curriculares e pedagógicas que compõem a Educação Básica no Brasil. Trata-se, portanto, da referência nacional obrigatória para embasar a elaboração de currículos e propostas pedagógicas das redes de ensino e escolas públicas e particulares do país, com respeito à autonomia dessas instituições e redes.

A BNCC, organizada em competências e habilidades, direciona a formação integral dos estudantes, em suas variadas dimensões intelectual, afetiva, ética, física, cultural, sociopolítica, levando-os a construir e compreender suas atuações em uma sociedade inclusiva e consciente. O documento apresenta **dez competências gerais** que orientam a Educação Básica e permitem o estabelecimento de um processo de continuidade com o Ensino Médio. Vinculadas a essas competências existem as competências específicas das diferentes áreas do conhecimento. E, por último, a BNCC traz as habilidades – agrupadas e vinculadas às competências específicas de área – que permitem definir claramente as aprendizagens essenciais, expressando o **domínio conceitual e metodológico** a ser desenvolvido em cada área do conhecimento.

Especificamente, a proposta da BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na etapa do Ensino Médio centra-se na **ampliação** e na **sistematização** das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental quanto aos conhecimentos conceituais da área relativos a Biologia, Física e Química; na **contextualização** social, histórica e cultural da Ciência e da tecnologia, considerando-as elementos da construção humana e, portanto, em constante transformação; nos **processos e práticas** da investigação científica, como identificação de problemas, formulação de hipóteses, identificação de variáveis, escolha de instrumentos e procedimentos para o teste de hipóteses, argumentação, análises quantitativa e qualitativa dos dados obtidos e conclusão acerca de fatos, fenômenos e problemáticas analisados; e nas **linguagens** aplicadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, como códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais importantes na compreensão do método científico.

A seguir, apresentamos as competências específicas definidas 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.

EM PROVA

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). (BRASIL, 2018, p. 554-558)

Tendo em vista o atendimento das expectativas e das demandas da geração jovem do Brasil, a BNCC destaca ainda a importância de uma abordagem integradora entre as diversas áreas do conhecimento mediante o enfoque de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escalas local, regional e global, contextualizando aquilo que é ensinado. De acordo com Brasil (2019):

> Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) buscam uma contextualização do que é ensinado, trazendo temas que sejam de interesse dos estudantes e de relevância para seu desenvolvimento como cidadão. O grande objetivo é que o estudante não termine sua educação formal tendo visto apenas conteúdos abstratos e descontextualizados, mas que também reconheça e aprenda sobre os temas que são relevantes para sua atuação na sociedade. Assim, espera-se que os TCTs permitam ao aluno entender melhor: como utilizar seu dinheiro, como cuidar de sua saúde, como usar as novas tecnologias digitais, como cuidar do planeta em que vive, como entender e respeitar aqueles que são diferentes e quais são seus direitos e deveres, assuntos que conferem aos TCTs o atributo da **contemporaneidade**.
>
> Já o **transversal** pode ser definido como aquilo que atravessa. [...] Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) são assim denominados por não pertencerem a uma disciplina específica, mas por traspassarem e serem pertinentes a todas elas. Existem distintas concepções de como trabalhá-los na escola. Essa diversidade de abordagens é positiva na medida em que possa garantir a autonomia das redes de ensino e dos professores. [...] manteve-se a orientação de que os sistemas de ensino trabalhem esses temas de forma transversal, por meio de abordagens intra, inter e transdisciplinares. [...]
>
> [...] Esses pressupostos buscam contribuir para que a educação escolar se efetive como uma estratégia eficaz na construção da cidadania do estudante e da participação ativa da vida em sociedade, e não um fim em si mesmo, conferindo a esses conteúdos um significado maior e classificando-os de fato como *Temas Contemporâneos Transversais*.

Assim, a BNCC considera quinze TCTs: Educação ambiental; Educação para o consumo; Trabalho; Educação financeira; Educação fiscal; Saúde; Educação alimentar e nutricional; Vida familiar e social; Educação para o trânsito; Educação em direitos humanos; Direitos da criança e do adolescente; Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso; Diversidade cultural; Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras; Ciência e tecnologia. Esses TCTs passaram a ser conteúdos indispensáveis para a Educação Básica pelo fato de contribuírem no desenvolvimento das competências gerais e das habilidades relacionadas aos componentes curriculares. Os TCTs oferecem a possibilidade de trabalhar valores e conceitos ligados à cidadania, salientando a importância da contextualização das problemáticas fundamentais para a vida em sociedade. Eles estão distribuídos em seis macroáreas temáticas – Meio ambiente; Economia; Saúde; Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Ciência e tecnologia – que interligam as diferentes áreas do conhecimento a temas vividos no cotidiano em sociedade.

Garantir o trabalho com os TCTs é também uma forma de dialogar com as juventudes que estão imersas no cotidiano das escolas. A cultura juvenil é considerada pela BNCC elemento fundamental para pensar em propostas pedagógicas na etapa do Ensino Médio. Segundo esse documento (BRASIL, 2018, p. 462), é necessário reconhecer a juventude

> [...] como condição sócio-histórico-cultural de uma categoria de sujeitos que necessita ser considerada em suas múltiplas dimensões, com especificidades próprias que não estão restritas às dimensões biológica e etária, mas que se encontram articuladas com uma multiplicidade de atravessamentos sociais e culturais, produzindo múltiplas culturas juvenis ou muitas juventudes.

Essa abordagem, que considera o conhecimento e a formação cultural dos jovens em suas respectivas realidades, estimula as escolas a atuar como espaços de expressão da diversidade juvenil, onde a contextualização da teoria com a prática, aliada a uma proposta de resolução de problemas, do estímulo à investigação, do incentivo à postura empreendedora, do acesso às bases científicas e tecnológicas e da interpretação da realidade adquire um caráter de suporte para que os jovens se reconheçam, assumam suas potencialidades e vocações, compreendendo seu papel como participantes ativos das sociedades nas quais estão inseridos.

Assim, tanto a escola quanto o material didático precisam assumir um novo papel coerente com as recomendações da BNCC, valorizando a formação de estudantes protagonistas, com autonomia para construir o próprio processo de aprendizagem e capazes de assumir responsabilidades, refletir, decidir e agir de forma ativa e independente, com base em ética e respeito pelas diversidades.

Ao favorecer o desenvolvimento do jovem protagonista, é necessário lembrar que os estudantes também são fontes de conhecimento e, por isso, a escola precisa oferecer tempo e espaço para que eles tragam suas vivências, suas experiências e seus conhecimentos prévios para a sala de aula e, ao mesmo tempo, possibilitar-lhes a aquisição de novos conhecimentos. Adicionalmente, é preciso estimular nos estudantes a criatividade e a capacidade de construir pensamentos complexos, em que um mesmo problema possa ser abordado de diferentes perspectivas, e favorecer o desenvolvimento de um

MODELO

ambiente compreensivo e colaborativo, onde os estudantes possam cooperar entre si para que o processo de aprendizado admita, efetivamente, o exercício de autonomia individual e cooperativa.

Organização e proposta da Coleção

Vários foram os aspectos que nortearam a organização e a seleção de conteúdos, atividades e propostas de discussão para a Coleção, entre eles destacam-se a BNCC e seu material de apoio e as pesquisas sobre culturas juvenis. Além dessas inspirações, também é importante mencionar a relevância dos assuntos da vida cotidiana, suscitados pelos TCTs, e a abordagem de maneira equilibrada dos diferentes campos das Ciências da Natureza. Dessa forma, a Coleção torna-se articulada ao referencial curricular nacional, bem como pode ser considerada motivadora e significativa para os estudantes do Ensino Médio.

O diálogo entre a obra e a BNCC permeia toda a Coleção, tanto no âmbito do desenvolvimento das dez competências gerais estabelecidas pelo referencial curricular quanto nas especificidades da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, criando oportunidades de mobilização de todas as competências específicas e de seus desdobramentos: as habilidades com base nos respectivos objetos de conhecimento.

Por ser de caráter nacional e inspirada na BNCC, a obra traz abordagens inovadoras e tópicos conceituais contemporâneos, propondo a investigação da realidade e das características culturais, naturais, éticas e sociais locais, possibilitando uma problematização articulada às diferentes especificidades educacionais e buscando dialogar com os currículos propostos pelas redes de ensino.

Esta Coleção também busca contemplar as demandas, as motivações e as formas de participação social do jovem no século XXI em diferentes ocasiões. Segundo Jesús Martín-Barbero (*in* BORELLI; FREIRE FILHO, 2008), os jovens são: "sujeitos íntima e estruturalmente mediados por suas interações pela e com a tecnologia" (p. 22). Na mesma publicação, que se tornou uma referência sobre as culturas juvenis, destaca-se uma notável pluralidade de objetos e de abordagens das práticas culturais da chamada "condição jovem". Por meio de análises de aspectos do circuito de produção e apropriação cultural juvenil, reconhecem-se as complexidades, os dilemas e as riquezas dessa faixa etária, exploram-se temas característicos, como a música, o grafite, o audiovisual, a internet e os dispositivos digitais, e articulam-se modos de pertencimento e incertezas.

Nessa perspectiva, visando atender ao que preconiza a BNCC e às culturas juvenis, a obra foi organizada em seis volumes independentes, cada um composto de duas Unidades. Cada uma das doze Unidades explora aspectos da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias partindo de uma temática significativa à sua aplicação e à interferência efetiva na sociedade. A integração entre os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza – Biologia, Física e Química – articulada a temáticas atuais e relevantes possibilita o início de um movimento de organização e de maior troca entre os professores especialistas, embora ainda permita as contribuições de cada especialidade separadamente. Essa integração não se limita à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias; a Coleção traz elementos para articular com outras áreas do conhecimento, propiciando abordagens integradoras e oportunidades para trocas de experiências ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

A temática desenvolvida em cada Unidade foi escolhida com base nos TCTs (BRASIL, 2019).

Veja, a seguir, como as Unidades da Coleção estão relacionadas às macroáreas temáticas a que atendem.

A Coleção e os TCTs associados	
Unidade	**Macroárea temática atendida**
Explorando o Universo e a vida	Ciência e Tecnologia; Economia
Humanos, metais e máquinas	Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Ciência e Tecnologia; Meio ambiente
Energia e vida	Saúde; Ciência e Tecnologia
Desenvolvimento sustentável	Meio ambiente; Ciência e Tecnologia; Cidadania e civismo
Água	Meio ambiente; Economia; Ciência e Tecnologia; Saúde
Produção e conservação de alimentos	Ciência e Tecnologia; Meio ambiente; Economia
Combustíveis e motores	Ciência e Tecnologia; Meio ambiente; Economia
Esportes	Ciência e Tecnologia; Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Saúde
Drogas e medicamentos	Saúde; Cidadania e civismo; Economia
Vida saudável	Saúde; Cidadania e civismo; Economia
Mundo tecnológico	Ciência e Tecnologia; Saúde; Economia
Análise forense	Ciência e Tecnologia; Cidadania e civismo; Saúde

Com base nessas escolhas, espera-se que o estudo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ocorra por meio da contextualização e de atividades colaborativas com viés investigativo, o que permitirá ao estudante dominar diferentes linguagens e se situar como agente capaz de elaborar propostas de intervenção em sua realidade. De acordo com Silva (2007, p. 10),

> [...] A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um "meio" de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania concomitante à aprendizagem significativa de conteúdos. Assim a contextualização se apresenta como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos alunos, seja ela pensada como recurso pedagógico ou como princípio norteador do processo de ensino. A contextualização como princípio norteador caracteriza-se pelas relações estabelecidas entre o que o aluno sabe sobre o contexto a ser estudado e os conteúdos específicos que servem de explicações

EM MODERNA

> e entendimento desse contexto, utilizando-se da estratégia de conhecer as ideias prévias do aluno sobre o contexto e os conteúdos em estudo [...].

As Unidades foram concebidas levando em consideração o equilíbrio entre os componentes curriculares e sua integração articulada às temáticas. Assim, sua estruturação foi desenhada de modo que os conteúdos de um componente curricular dessem suporte ao desenvolvimento dos seguintes, o que, eventualmente, resulta na alternância desses componentes ao longo das Unidades.

Os conteúdos tradicionalmente trabalhados no Ensino Médio foram revistos, selecionados e reorganizados para atender às competências e às habilidades da BNCC para essa etapa do ensino, às necessidades das temáticas escolhidas e estabelecer conexões entre conceitos próprios das Ciências da Natureza e destes com diferentes áreas do conhecimento, tendo a temática central da Unidade como eixo. Cabe reforçar que as temáticas trabalhadas na Coleção potencializam, em seu conjunto, o desenvolvimento das competências gerais e específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, preconizadas pela BNCC.

No desenvolvimento dos conteúdos buscou-se levar em conta efetivamente a progressão e o aprofundamento em relação aos conteúdos abordados na etapa do Ensino Fundamental (anos iniciais e finais), que foram considerados pré-requisitos na seleção dos conteúdos abordados nas temáticas propostas.

Ao longo de cada Unidade da Coleção procura-se relacionar e integrar as Ciências da Natureza e suas Tecnologias com outras áreas do conhecimento – isso poderá ficar claro sobretudo, mas não somente, em algumas seções da Unidade. Essa articulação colabora para que não sejam estabelecidos limites rígidos entre as áreas do conhecimento e favorece essa percepção mais integrada pelos estudantes. Na Coleção, portanto, em diferentes ocasiões, relaciona-se a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias com as áreas de Ciências Humanas e Sociais, de Linguagens e suas Tecnologias e de Matemática e suas Tecnologias.

Organização do Livro do estudante

Nas páginas iniciais da **Abertura** de cada Unidade é apresentada uma imagem ou uma composição de imagens acompanhada de um breve texto em linguagem familiar ao estudante. Juntos, texto e imagem se articulam e apresentam a temática proposta, cuja abordagem integra diferentes áreas do conhecimento. A atividade de leitura da imagem tem importante papel motivador, estimulando e aproximando o estudante do assunto que será abordado. Além disso, a observação atenta das imagens propicia o desenvolvimento de uma habilidade fundamental do processo investigativo: observar um objeto de estudo, identificar seus detalhes e obter informações com base no que está sendo visto.

A seção **Por que ordenamos a Unidade dessa forma?** detalha brevemente a relevância da temática tratada, contextualizando e justificando os conteúdos específicos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que serão trabalhados pela Unidade, dando significado ao processo de aprendizagem. Além disso, os objetivos de aprendizagem são apresentados aos estudantes.

O quadro **Por dentro da BNCC** apresenta a relação das competências gerais, das competências específicas e das habilidades, tanto da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, quanto das demais áreas do conhecimento, mobilizadas ao longo de toda a unidade. Nas páginas finais de cada volume, uma seção de mesmo nome traz a redação das competências gerais, das competências específicas e das habilidades descritas na BNCC.

A **Abertura** encerra-se com a seção **Pense nisso!**, que propõe questões que buscam fazer o estudante estabelecer relações entre o que ele já sabe e o que ainda será estudado, possibilitando-lhe exteriorizar seu conhecimento e, ainda, refletir sobre as concepções dos colegas. As atividades de levantamento de conhecimento prévio foram desenvolvidas considerando os pré-requisitos – habilidades de Ciências da Natureza definidas pela BNCC – da etapa do Ensino Fundamental anos iniciais e finais. Esse momento é uma oportunidade para o professor realizar a avaliação diagnóstica das concepções iniciais da turma.

Cada Unidade é subdividida em um número variável de **Temas**, de modo a organizar e sistematizar os conteúdos. Neles, as informações são agrupadas em subtítulos e algumas palavras são destacadas para identificar os conceitos principais, o que facilita a leitura e a compreensão do texto pelo estudante. A presença de imagens, como fotografias, ilustrações, gráficos e mapas visa esclarecer e exemplificar o conteúdo específico. Cada um dos Temas é desenvolvido por um dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. O componente curricular em questão é facilmente identificado pelo título do Tema e pelas orientações específicas deste Suplemento.

Os Temas abrigam, além do texto expositivo, algumas seções cujos objetivos são: a identificação das competências gerais e das habilidades definidas pela BNCC e mobilizadas pelo Tema (**Por dentro da BNCC**), a complementação de informação (**Fique por dentro** e **Boxe +**), a definição de grandezas e valores de referência (**Bloco de notas**), o contato com matérias de interesse científico e com procedimentos próprios do fazer científico (**Prática investigativa**) e a reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem (**Reflita sobre seu aprendizado!**).

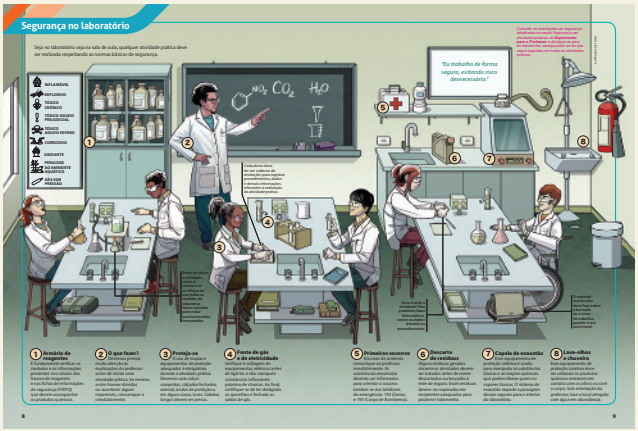
Presentes em algumas Unidades, os **Boxes +** trazem informações contextualizadas em relação aos assuntos trabalhados, principalmente concernentes a aspectos das culturas tradicionais, como indígenas e quilombolas.

Ampliações dos conteúdos e novas relações também podem ser construídas além da sala de aula, com o auxílio das indicações de *sites*, filmes, simuladores, entre outros na seção **Fique por dentro**. Cada indicação é acompanhada de breve resenha e pode ser compreendida como mais um estímulo à busca autônoma de conhecimentos.

A **Prática investigativa** está presente em um dos Temas da Unidade. Essas atividades podem ser desenvolvidas em laboratório ou, caso a escola não disponha de um, em espaços adequados na própria sala de aula, com os devidos cuidados adicionais. Em nenhuma das atividades práticas sugeridas são empregadas substâncias com potencial tóxico. Para a realização das atividades sob as devidas normas de segurança, foi elaborado o infográfico **Segurança no laboratório** (localizado no início de cada volume da Coleção), que apresenta, em linguagem próxima à do estudante, as regras básicas que devem ser seguidas durante o preparo e a realização das atividades práticas. Incentive a consulta desse infográfico antes da reali-

EM MODERNA

zação de qualquer atividade prática. Além disso, informações adicionais sobre a periculosidade de determinada substância ou material e sobre o descarte de resíduos são inseridas junto à própria atividade, na seção *Segurança nas atividades práticas* nas Orientações gerais e nas propostas nas Orientações específicas deste Suplemento.



Esta seção apresenta dois tipos de questões: o primeiro, denominado **Prepare-se!**, tem a função de encaminhar o estudante ao levantamento de hipóteses e à busca de referenciais para a execução da atividade; o segundo, denominado **Discuta com seus colegas**, visa encaminhar o estudante à análise e à organização dos resultados obtidos e verificar se ele compreendeu a atividade em si, além de orientar a elaboração das conclusões da atividade.

Nesta Coleção, procurou-se priorizar atividades práticas que vão além da mera comprovação de fatos e informações predeterminados e que favoreçam a compreensão das relações conceituais das Ciências da Natureza, permitindo aos estudantes manipular objetos e assimilar significados entre si e com o professor durante a aula, e propiciando uma oportunidade aos sujeitos de extrair de suas ações as consequências que lhes são próprias e aprender com os erros tanto quanto com os acertos. Há oportunidades para que os estudantes realizem observações, reúnam resultados, troquem ideias com os colegas e proponham conclusões antes de a teoria relacionada ser abordada, proporcionando a vivência das práticas e dos procedimentos científicos e, portanto, favorecendo o desenvolvimento da competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Cada Tema é finalizado por um conjunto de **Atividades** diversificadas para a avaliação do processo de aprendizagem do estudante. Essa seção apresenta questões que abordam os assuntos trabalhados em todo o Tema, tanto por questões autorais como aquelas provenientes dos principais exames vestibulares do país, possibilitando o desenvolvimento de diferentes habilidades e competências pelo corpo discente. As questões em si usam diversas linguagens (gráficos, tabelas, textos citados, tirinhas etc.) e apresentam diferentes níveis cognitivos, tanto de baixa ordem, como entender e aplicar, quanto de alta ordem, como analisar, avaliar e criar, sendo classificadas de acordo com a Taxonomia de Bloom (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001). A escolha das atividades e o momento para sua realização devem ser avaliados pelo professor, considerando a realidade dos estudantes em sala de aula e suas individualidades no processo de aprendizagem.

Acompanhando a seção de **Atividades**, encontra-se o quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, que oferece ao estudante a oportunidade de autovaliar a aprendizagem dos conteúdos desenvolvidos até aquele momento, buscando identificar os aspectos que ainda precisam ser mais bem trabalhados. Mais do que a mera reflexão, é importante que o estudante seja incentivado a registrar suas considerações, bem como compartilhá-las com colegas e professor, buscando estabelecer estratégias para resolução das lacunas de compreensão. Esse momento, além de propiciar o desenvolvimento de autonomia e protagonismo do estudante em relação à própria aprendizagem, pode ser entendido como uma das muitas possibilidades de avaliação continuada, que fornecem subsídios à prática docente.

Com distribuição regular em todas as Unidades, a seção **Reflexões sobre a Ciência** aborda aspectos da natureza da Ciência e dos procedimentos científicos proporcionando também o desenvolvimento da leitura inferencial. Consiste em uma pergunta inicial seguida de proposta de reflexão, um texto acompanhado de atividades reflexivas e interpretativas, que visam tratar do pensamento científico, da natureza do conhecimento científico, das práticas científicas e das características da produção científica, promovendo a compreensão da natureza da Ciência e possibilitando o uso das práticas científicas de acordo com a competência geral 2 para a Educação Básica e a competência específica 3 das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A seção **Pensamento crítico e argumentação**, também presente em todas as Unidades da Coleção, traz diferentes situações cotidianas controversas como cenário para apresentação de aspectos relativos à argumentação, requerendo do estudante, ao final da seção, uma argumentação fundamentada e posicionada a respeito do assunto abordado. Explora aspectos de distintas naturezas relacionados à ação de argumentar, desde as filosóficas até as concernentes à área de Linguagens. Além de promover o desenvolvimento do senso crítico e da argumentação – habilidades características da prática científica tão necessárias no contexto atual das *fake news*, e não à toa arraigadas na BNCC e presente como competência geral 7 –, a seção possibilita a alfabetização midiática. O compartilhamento entre os estudantes de opiniões e de posicionamentos sobre as situações aprimora as habilidades socioemocionais relacionadas ao convívio, às trocas e ao respeito às opiniões divergentes, aspectos alinhados à competência geral 9.

Presente em uma das Unidades de cada volume, a seção **Valores e atitudes** destina-se a trazer para a realidade dos estudantes a temática central trabalhada na Unidade, incentivando a troca de ideias e a proposição de intervenção em nível individual. Além disso, busca gerar motivação e contribuir com a construção da identidade do jovem, preparando-o para atuar de forma consciente na sociedade em que vive. Dessa forma, a seção também aprimora as habilidades socioemocionais, promove o protagonismo juvenil e favorece o desenvolvimento do estudante como sujeito social: cidadão ativo, democrático e solidário.

De maneira semelhante, a seção **Comunicação** tem uma ocorrência por volume. Envolve propostas de atividades em grupo para a criação de material relevante ao contexto local e

EM ABERTA

regional dos estudantes e a divulgação deste para a comunidade por meio de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs). A seção, portanto, articula-se com as culturas juvenis e favorece o desenvolvimento da criatividade, da atitude cidadã e das habilidades de comunicação e trabalho em equipe.

As Unidades encerram-se com o quadro **Revise e amplie!** cujas questões são metacognitivas, com finalidades de autoavaliação da aprendizagem e estímulo ao aprofundamento sobre a temática, incentivando o protagonismo do estudante. Essa seção vem ao encontro da seção **Reflita sobre seu aprendizado!** e, portanto, também propicia o desenvolvimento de autonomia e protagonismo do estudante em relação à própria aprendizagem; pode ser entendida como mais uma possibilidade de avaliação continuada.

Em cada volume são apresentadas, nas páginas finais, as respostas das atividades de múltipla escolha, bem como as respostas de atividades que requerem cálculo. Para você, professor, apresentamos neste Suplemento as resoluções comentadas de todas as atividades das Unidades. Além disso, em todos os volumes dos livros do estudante, fornecemos a tabela periódica para consulta.

Organização do Suplemento para o professor

Este Suplemento para o professor está organizado de modo que ofereça subsídios para o melhor uso da Coleção por meio de ferramentas, instruções e atividades que gerem melhoria na qualidade do processo de ensino-aprendizagem e contribuam com seu aprimoramento didático-pedagógico.

As Orientações gerais deste Suplemento exploram a proposta didático-pedagógica da Coleção e descreve a organização do Livro do Estudante e do Suplemento para o professor. É enfatizada a importância de atividades investigativas no ensino da área de Ciências da Natureza, são apresentadas e discutidas diferentes metodologias de ensino e exploram-se as diversas formas, possibilidades, recursos e instrumentos de avaliação que poderão ser utilizados ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Nas Orientações específicas por Unidade, são apresentados: *Subsídios para o planejamento* do estudo de cada Unidade da Coleção, que indicam como usar as metodologias ativas e as rotinas de pensamento na condução dos Temas e das seções; *Atividades complementares* com o intuito de ampliar as opções didáticas; e ferramentas de *Apoio ao trabalho pedagógico*, como indicações de simuladores *on-line* e leituras adicionais voltadas para a área de educação em Ciências da Natureza e para os conteúdos abordados no Livro do estudante.

As *Resoluções* procuram dialogar com o professor, prevendo algumas situações que podem surgir na sala de aula e discutir caminhos para mediar as atividades, apresentam as respostas adequadas e comentadas para todas as atividades do volume.

Sugestões de uso da Coleção

A Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e estabeleceu uma mudança na etapa do ensino do Ensino Médio, estruturando-o em: formação geral básica dos estudantes e itinerários formativos.

No centro das mudanças do novo Ensino Médio, estão a ampliação do tempo mínimo de permanência do estudante na escola e a definição de uma nova organização curricular, mais flexível, que contempla a BNCC (formação geral básica) e oferece diferentes possibilidades de escolhas aos estudantes, os itinerários formativos, com foco nas áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional.

A flexibilização curricular demanda um material didático também flexível, que permita e apoie a implementação das mudanças e dos diversos arranjos curriculares. Nesse contexto, esta Coleção pode ser considerada um dos instrumentos de um projeto pedagógico nessa nova perspectiva, auxiliando no desenvolvimento de competências e de habilidades preconizadas pela BNCC e tão necessárias aos jovens.

Cabe ao professor, orientado pela coordenação pedagógica, estabelecer, entre os volumes da Coleção, a ordenação mais adequada e relevante para o projeto pedagógico da escola e o currículo do estado em que atua. Essa ordenação deverá levar em conta alguns aspectos, que abrangem desde características mais amplas, como a provável mudança na carga horária destinada às diferentes áreas do conhecimento, até aspectos mais particulares, como as diferenças de rendimento de uma turma para outra. Saber transitar por essas particularidades é o que faz a excelência de um professor.

Pensando em uma maneira de auxiliar o trabalho do professor na organização e em sua prática, apresentamos algumas sugestões de abordagem e uso da obra, de acordo com algumas opções de estruturação de curso:

- formação geral básica em 1 ano e meio e itinerários formativos em 1 ano e meio (organização bimestral);
- formação geral básica em 2 anos e itinerários formativos em 1 ano (organização trimestral);
- formação geral básica e itinerários formativos em 3 anos (organização semestral).

As sugestões de uso da obra admitem qualquer ordenação dos volumes, visto que cada um deles é independente. Dessa forma, a ordenação deve ser adaptada de acordo com o projeto pedagógico da escola, o currículo de seu estado e as características de seu grupo discente.

Organização bimestral

Essa organização considera a formação geral básica nos primeiros 18 meses da etapa do Ensino Médio, abrangendo o 1º ano completo e o primeiro semestre do 2º ano. Nela, cada um dos seis volumes da Coleção é trabalhado bimestralmente. A segunda metade do curso – segundo semestre do 2º ano e o 3º ano completo – seria destinada exclusivamente à realização dos itinerários formativos.

Organização trimestral

A organização trimestral considera a formação geral básica nos 1º e 2º anos do Ensino Médio. Nela, cada um dos seis volumes da Coleção é trabalhado trimestralmente, ou seja, três volumes da obra por ano. O 3º ano completo seria voltado aos itinerários formativos.

Organização semestral

Na organização semestral, a formação geral básica e a realização dos itinerários formativos ocorrem ao longo dos três

REPRODUÇÃO PROIBIDA

anos dedicados ao Ensino Médio. Essa organização considera que o regime de tempo integral não será uma realidade em todas as escolas. Assim, a simultaneidade da formação geral básica e dos itinerários formativos pode acarretar uma redução no tempo necessário para o trabalho das áreas do conhecimento, justificando o uso de um volume ao longo de um semestre.

Pressupostos teóricos da Coleção

Esta Coleção assume os princípios norteadores preconizados pela BNCC, considerando as especificidades da juventude atual. A obra é centrada na alfabetização científica e midiática por meio da abordagem da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade, para permitir o desenvolvimento de aspectos da prática científica, da argumentação, da leitura inferencial e do pensamento crítico, baseados em fatos e informações confiáveis, obtidas em referências científicas (livros e artigos acadêmicos), universidades, órgãos governamentais, institutos de pesquisa e organizações internacionais (ONU, OMS, Unesco).

A Coleção objetiva ser um instrumento para fortalecer a formação intelectual do estudante, além de promover a reflexão sobre ações individuais e coletivas dos jovens que resultem em propostas para minimizar os problemas contemporâneos e para interagir de forma ativa na sociedade, exercendo a cidadania.

Buscamos aprofundar elementos teórico-práticos para dialogar com você, professor, sobre o papel desta Coleção no contexto da alfabetização científica e midiática no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Aspecto teórico-metodológico na perspectiva da alfabetização científica

Os avanços científicos e tecnológicos são uma realidade atual e trazem implicações positivas e negativas para a sociedade. Diante dessa realidade, a democratização do acesso ao conhecimento científico ocupa um espaço fundamental na vida das pessoas, para que, assim, possam compreender as questões científico-tecnológicas que as rodeiam e intervir de modo responsável nas decisões que afetam o seu meio. Nesse sentido, o desafio que se coloca para o ensino de Ciências é a formação dos estudantes em uma perspectiva de alfabetizá-los cientificamente.

Responder a esse desafio, em primeiro lugar, é resgatar a função social da educação em Ciências: formar para a cidadania. Esse conceito de cidadania está vinculado ao conceito de democracia e à participação do indivíduo na sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Essa formação, portanto, implica em fornecer aos estudantes subsídios para que possam "ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais" (BRASIL, 2018, p. 472).

Quando se resgata a educação científica comprometida com a cidadania, a alfabetização científica assume papel de superar a reprodução de conceitos científicos destituídos de significados e de sentidos e de levar em consideração a natureza do conhecimento científico e os impactos da Ciência e da tecnologia na vida das pessoas. Para isso, os conteúdos específicos dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias são apresentados em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, contemplando, portanto, as interações entre Ciência, tecnologia e sociedade.

Sasseron (2015) destaca que a necessidade do entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente perpassa o reconhecimento de que quase todo fato da vida das pessoas tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e pelas tecnologias. A autora identifica, com base em análises de estudos internacionais, três eixos estruturantes da alfabetização científica, que foram considerados para idealização e construção desta obra:

- Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais – a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender as informações e situações do dia a dia.
- Compreensão da Natureza da Ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática – em nosso cotidiano sempre nos defrontamos com informações e conjunto de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando-se o contexto. Tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar subsídios para o exame de problemas do dia a dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles.
- Entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente – reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias. Neste sentido, mostra-se fundamental de ser trabalhado quando temos em mente o desejo de um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta.

Esses eixos da alfabetização científica estão permeados nesta obra. Os temas foram selecionados considerando essa articulação. As seções elaboradas também buscam promover os três eixos. A seção **Prática investigativa** envolve os eixos de "compreensão básica de termos e conceitos científicos" e "compreensão da natureza da Ciência e dos fatores que influenciam sua prática". A seção **Reflexões sobre a Ciência** envolve a "compreensão da natureza da Ciência e dos fatores que influenciam sua prática". Já a **Abertura** da Unidade e as seções **Pensamento crítico e argumentação, Comunicação, Valores e atitudes** envolvem, principalmente, o "entendimento das relações entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente".

Articulados a esse tripé da alfabetização científica, Trivelato e Silva (2011) ressaltam que, para o processo de ensino-aprendizagem em Ciências da Natureza, é necessário o professor:

- reconhecer a existência de concepções espontâneas (conhecimentos prévios) dos estudantes para vários conceitos que são trabalhados na escola;
- entender que o processo de aprendizagem requer construção e reconstrução de conhecimentos;
- aproximar a aprendizagem de Ciências das características do trabalho científico, em que o estudante tenha possibilidade de propor questões, formular hipóteses, argumentar, buscar evidências, realizar investigações etc.;
- propor a aprendizagem por meio de situações-problema relacionadas ao contexto sociocultural do estudante;
- reconhecer o caráter social da construção do conhecimento científico;

EM ABERTURA

- entender o pluralismo que envolve o processo ensino e aprendizagem em Ciências, explorando diferentes metodologias.

Esses elementos também são incorporados na Coleção para auxiliar o professor nessa tarefa, trazendo questões para levantamento de conhecimentos prévios, situações-problema, relação entre Ciência e sociedade, autoavaliação do estudante e pluralismo de possibilidades metodológicas.

De modo geral, atendendo às recomendações dos documentos oficiais para a Educação Básica e inspirada nas pesquisas da área de ensino de Ciências, a obra se pauta em elementos que buscam contribuir com a formação do estudante na perspectiva da alfabetização científica, por meio da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como um caminho viável à formação dos cidadãos.

Contextualização no ensino de Ciências por meio da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade

Muitos estudos sobre o ensino de Ciências preconizam que a apropriação de conhecimentos científicos pelo estudante tenha como pano de fundo a sua participação crítica nas questões sociais, políticas, econômicas e ambientais que permeiam a sociedade atual. Santos e Schnetzler (2010) sinalizam a importância da participação dos estudantes, como sujeitos que estão inseridos no meio natural (âmbito científico), no meio artificialmente construído (âmbito tecnológico) e no meio social (âmbito social), de modo que tenham condições de avaliar e participar das decisões que interferem o seu contexto. Dessa forma, o ensino de Ciências, com vistas à participação social, possibilita a formação cidadã dos jovens, favorecendo uma sociedade mais democrática.

Pensar o ensino de Ciências em uma perspectiva cidadã é pensar para além dos conhecimentos específicos isolados, sendo necessário articular esses conhecimentos aos aspectos da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade. Essa inter-relação é a base que vai constituir a educação CTS, defendida por pesquisadores da área de ensino de Ciências.

Auler (2007) aponta alguns objetivos importantes da educação CTS, a saber: desenvolver a capacidade e o interesse dos estudantes em relacionar a Ciência com aspectos tecnológicos e sociais; discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da Ciência-Tecnologia (CT); possibilitar uma melhor compreensão da natureza da Ciência; formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados para que sejam capazes de tomar decisões; desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos estudantes.

Buscando atender aos objetivos de uma educação CTS, Santos (2007) destaca a importância da contextualização a partir de temas sociais e situações reais que, transversalmente, estejam articuladas aos conceitos científicos. Nesse intento, entendemos que pensar a elaboração de materiais didáticos por meio da abordagem de temas relativos à sociedade é acreditar que assuntos, como saúde, alimentação e agricultura, recursos energéticos, indústria e tecnologia, ambiente, transferência de informação e tecnologia, ética e responsabilidade social, favorecem que o estudante

> compreenda processos químicos envolvidos e possa discutir aplicações tecnológicas relacionadas ao tema, compreendendo os efeitos das tecnologias na sociedade, na melhoria da qualidade de vida das pessoas e as suas decorrências ambientais. (SANTOS, 2007, p. 9)

Há, ainda, temáticas que envolvem questões controversas da Ciência, podendo favorecer uma discussão em sala de aula sob diferentes pontos de vista baseados em argumentações coletivamente construídas. São temas que, além das questões sociais e políticas, englobam a ética e a moral, sendo, então, chamadas de questões sociocientíficas (QSC). As QSC têm características controversas centradas na relação entre as inovações da Ciência e tecnologia e seus impactos sociais. Em consonância, Silva (2016) afirma que "a riqueza em se abordar as QSC no contexto do Ensino de Ciências está justamente em seu potencial problematizador e na valorização do pensar diferente. Não há uma resposta que seja correta".

Embasadas nessas discussões, as Unidades da Coleção são abordadas por meio de uma organização de temas, contemplando conteúdos que permitem o trabalho integrado entre conceitos científicos e temas de relevância social. Nessas Unidades são problematizadas questões relacionadas aos tópicos de drogas e medicamentos, combustíveis, análise forense, desenvolvimento sustentável, entre outros, buscando possibilitar um conhecimento que seja significativo para professores, estudantes, família e comunidade. Atribuir sentido a esses conhecimentos é possibilitar aos indivíduos que exerçam a cidadania. Além disso, considerando que a abordagem CTS é articulada aos elementos de uma prática investigativa, a obra favorece o despertar de um olhar crítico dos estudantes, contribuindo para o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão perante situações reais e baseada em diferentes questões problematizadas na obra. Uma abordagem CTS é sempre apresentada na **Abertura** das Unidades, sendo o conteúdo dos três componentes curriculares de Ciências da Natureza e suas Tecnologias apresentado de modo a dar subsídios para os estudantes compreenderem a problemática, fazerem conexões com a sua realidade e atuarem nela.

As temáticas selecionadas para a Coleção evidenciam as complexas relações entre a relação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e se articulam ao processo de ensino-aprendizagem para a superação de problemas das abordagens pedagógicas tradicionais e tecnicistas na educação científica e tecnológica, trazendo a complexidade das questões contemporâneas relacionadas ao campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de forma contextualizada, prática e aplicada. A seção **Valores e atitudes**, particularmente, busca transpor a temática trabalhada pela Unidade em questão para a realidade do estudante e incentivar a troca de ideias e a proposição de intervenção; por meio dela, o professor pode fazer articulações dos temas propostos com algumas questões sociocientíficas que emergem de alguns dos temas, estimulando a reflexão, a discussão e a argumentação dos estudantes.

A abordagem CTS contemplada na Coleção vai ao encontro da função social do ensino recomenda por pesquisadores da área de ensino de Ciências e dos documentos oficiais da Educação Básica, contribuindo, assim, para a formação da autonomia crítica do estudante e para a sua participação no processo democrático de tomada de decisão.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

A argumentação na perspectiva da alfabetização científica

A argumentação é reconhecida como uma competência essencial no ensino de Ciências, uma vez que emerge como uma prática central da atividade científica. Segundo Sasseron (2015), a argumentação em aulas de Ciências engloba mais do que apenas características linguísticas na forma de enunciar ideias, sendo um processo de avaliação de enunciados, análise de possibilidades, refinamento de explicações e justificativas. A argumentação, portanto, pode ser considerada um ato discursivo plural pelo qual um indivíduo, ou grupo de pessoas, busca tornar claro um determinado fenômeno, por meio da emissão de alegações, que devem ser suportadas por justificativas e outros elementos, conferindo-lhes validade perante uma determinada audiência (FERRAZ; SASSERON, 2017).

Em um artigo de revisão sobre a argumentação em situações de ensino, Erduran (*in* ERDURAN *et al.*, 2007) destacam potenciais contribuições da argumentação no processo de ensino-aprendizagem, entre eles, o desenvolvimento de habilidades comunicativas e do pensamento crítico e a colaboração da alfabetização científica, visto o desenvolvimento de raciocínios e critérios lógicos. Assim, percebe-se que a competência argumentativa é um instrumento essencial para a mediação de conflitos e o pensamento crítico, habilidades desejáveis no mundo do trabalho e para a construção de consensos necessários para a vida em sociedade.

Nesse cenário, o desenvolvimento da competência de argumentação pelos estudantes é fundamental para auxiliá-los na passagem do senso comum para o saber científico, ou seja, é um meio para alcançar a alfabetização científica (PEZARINI; MACIEL, 2018). O propósito da prática argumentativa no ensino de Ciências, portanto, está na promoção de um processo de ensino-aprendizagem que de fato contribua para a formação cidadã, subsidiando a construção do conhecimento científico e da alfabetização científica.

Nesse contexto em que se almeja o desenvolvimento da prática argumentativa, o papel do professor é fundamental para gerar e gerenciar as interações discursivas entre os estudantes e para estabelecer um espaço interativo de argumentação colaborativa (BERLAND; HAMMER, 2012). Essa mediação pode ser incrementada por meio da utilização de perguntas, cujo objetivo é melhorar e avançar nas atividades argumentativas (MACHADO; SASSERON, 2012).

Ancorada nos pressupostos da alfabetização científica, a Coleção também propicia oportunidades para a prática argumentativa. É possível destacar a seção **Pensamento crítico e argumentação**, na qual são abordadas questões da lógica filosófica, dos tipos de argumento e da estruturação de argumentos, e também gêneros argumentativos tipicamente trabalhados em Língua Portuguesa. Dessa forma, busca-se contribuir com a construção de argumentos pelo estudante, a análise da estrutura e da qualidade de argumentos produzidos em diferentes contextos, a avaliação da credibilidade das informações recebidas e a tomada de decisões justificadas e fundamentadas com base em evidências.

A importância das práticas investigativas para a alfabetização científica

As aulas práticas e investigativas no ensino de Ciências têm uma importância indiscutível. Algumas principais funções das aulas práticas reconhecidas na literatura do ensino de Ciências sintetizadas por Myriam Krasilchik (2004) são:

- despertar e manter o interesse dos estudantes;
- envolver os estudantes em investigações científicas;
- desenvolver a capacidade de resolver problemas;
- compreender conceitos básicos;
- formular, elaborar métodos para investigar e resolver problemas individualmente ou em grupo;
- analisar cuidadosamente os resultados e significados de pesquisas, voltando a investigar quando ocorrem eventuais contradições conceituais;
- compreender as limitações do uso de um pequeno número de observações para gerar conhecimento científico;
- distinguir observação de inferência, comparar crenças pessoais com compreensão científica e compreender as funções que estas exercem na Ciência, como são elaboradas e testadas as hipóteses e teorias.

Embora reconheçamos a existência de fatores limitantes para a proposição de aulas práticas na Educação Básica, como ausência de laboratório, falta de tempo para preparação, falta de equipamentos etc., algumas atividades práticas interessantes e desafiadoras, propostas nesta Coleção, são suficientes para proporcionar o contato direto com os fenômenos, identificar questões de investigação, organizar e interpretar dados, entre outros.

A seção **Prática investigativa** tem como objetivo possibilitar experiências da prática científica (pergunta, levantamento de hipótese, experimento, análise de dados e desenvolvimento de conclusão) dentro do cenário desenhado na Unidade. Nessa seção, conteúdos e conceitos desenvolvidos na Unidade são apresentados por meio da prática para, só depois, serem apresentados de forma conceitual aos estudantes. Nas Orientações específicas deste Suplemento também há exemplos de práticas investigativas complementares que podem ser propostas pelo professor.

É fundamental o professor estar atento às ações e às aprendizagens dos estudantes para identificar se eles realmente estão vivenciando uma experiência investigativa. Sasseron e Carvalho (2008) apresentam um conjunto de indicadores que podem ser utilizados pelos professores para acompanhar a interação dos estudantes com as atividades práticas, tendo a função de mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a alfabetização científica em processo de construção entre os estudantes, particularmente em práticas investigativas. Esses indicadores são algumas competências próprias das Ciências e do fazer científico e estão organizados em três grupos:

1º grupo – Incorpora as ações desempenhadas nas tarefas de **organizar, classificar e seriar** os dados obtidos em uma investigação.

2º grupo – Engloba dimensões relacionadas à estruturação do pensamento. São dois os indicadores deste grupo: o **raciocínio lógico** compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e estão diretamente relacionadas à forma

EM PROVA

como o pensamento é exposto; e o **raciocínio proporcional** ilustra a interdependência que pode existir entre as variáveis.

3º grupo – Mais diretamente associados à procura do entendimento da situação analisada, os indicadores deste grupo devem surgir em etapas finais das discussões, uma vez que se caracterizam pelo trabalho com as variáveis envolvidas no fenômeno e a busca por relações capazes de descreverem as situações para aquele contexto e outros semelhantes. Fazem parte deste grupo os seguintes indicadores da AC: **levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, previsão, explicação.**

É importante o professor investigar nos diálogos durante as práticas e na produção de relatórios finais se esses elementos estão aparecendo. Em caso negativo, é preciso reforçar a necessidade do uso no momento de reflexão geral com a turma e na condução de novas práticas. Alguns questionamentos podem direcioná-lo: Os estudantes estão levantando e testando hipóteses? Apresentam diálogos que permitem verificar um raciocínio lógico e proporcional entre as variáveis encontradas? Justificam as conclusões com base nos dados? Executam as tarefas de organizar e seriar os dados?

O professor deve estar atento aos procedimentos na preparação de atividades experimentais. Nesta obra, as atividades são pensadas de maneira que os estudantes não sejam expostos a riscos físicos; o cuidado em requerer materiais de baixo custo também foi uma preocupação da Coleção. Além da segurança, também há a preocupação com o fator ambiental, indicando sempre a maneira correta para o descarte. Além disso, não são propostas atividades de aulas práticas com manipulação, dissecção, coleta e vivissecção de animais, já que está prática somente é permitida em Instituições de Ensino Superior ou Instituições de Ensino Médio Técnico na área Biomédica e que possuam Comitê de Ética e Pesquisa com uso de animais – CEUA regulamentado (ver legislação disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11794.htm> e <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=77042>) (acessos em: 2 jun. 2020).

Nas propostas de atividades práticas apresentadas na Coleção, busca-se levar os estudantes a refletir sobre os problemas experimentais que podem ser resolvidos ou minimizados, o que permite que eles pensem cientificamente o mundo e construam sua visão de sociedade e ambiente, criando um ambiente intelectualmente ativo.

> Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações. (CARVALHO *et al.*, 1999)

As aulas com componente de uma prática de investigação podem ser abordadas em forma de aulas práticas experimentais, construção de modelos e trabalhos de campo.

Carvalho (2006) classifica a atuação do professor e dos estudantes em diferentes níveis de envolvimento com uma atividade investigativa, e propõe uma graduação para estudar o que chama de grau de liberdade que os professores oferecem aos estudantes.

Graus de liberdade do professor (P) e aluno (A) em aulas práticas

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
PROBLEMA	P	P	P	P	A/P
HIPÓTESES	P	P/A	P/A	P/A	A
PLANO DE TRABALHO	P	P/A	A/P	A	A
OBTENÇÃO DE DADOS	P	A/P	A	A	A
CONCLUSÃO	P	A/P/ CLASSE	A/P/ CLASSE	A/P/ CLASSE	A/P/ SOCIEDADE

No grau I existe apenas a participação do professor na aula prática, e os estudantes apenas a assistem e assumem um papel passivo.

A partir do grau II é possível encontrar diferentes enfoques de acordo com o nível de participação dos estudantes. Nesse nível de liberdade, o professor propõe o problema; a elaboração de hipóteses e o plano de trabalho são realizados pelos estudantes, mas com a orientação do professor. O registro dos dados é também realizado pelos estudantes com a orientação do professor, e a conclusão pode ser elaborada pelos estudantes, mas apresentada e discutida por toda a turma, ressaltando a necessidade de o conhecimento ser divulgado, assim como ocorre na Ciência.

Já no grau III, o professor apresenta um problema e constrói hipóteses com os estudantes, mas caberá a estes, em grupos, pensar em planos de trabalho para coletar os dados, podendo discutir com o professor, porém permanecendo autônomos para o processo de obtenção dos dados, que serão construídos de forma diferente e apresentados para a turma.

Em relação ao anterior, o grau IV se diferencia pelo fato de o plano de trabalho para testar a hipótese ser feito inteiramente pelos estudantes, exigindo habilidades de planejamento, organização, classificação e seriação. No final, o detalhamento do plano e os dados obtidos com ele são apresentados para a turma e para o professor.

O grau de liberdade V é a fase mais avançada. O professor motiva os estudantes, geralmente em grupos, a pensar e elaborar questões-problema com base na realidade. Definida a questão que cada grupo vai investigar, caberá a eles elaborarem uma hipótese e um plano de trabalho, organizando e realizando o processo de obtenção dos dados, que são apresentados, ao final, ao professor, à turma e à sociedade, por exemplo, por meio de Feiras de Ciências. Nesse grau de liberdade, o professor atua como facilitador e orientador, sendo mais apropriado para as etapas finais do Ensino Médio ou até para o Ensino Superior.

É recomendável proporcionar diferentes graus de liberdade nas práticas investigativas no Ensino Médio, e o professor pode utilizar esse quadro para se inspirar, ao mesmo tempo que pode considerar as atividades práticas já propostas no Livro do estudante, de formatos diferentes, dependendo da maturidade da turma e das condições de ensino.

Em geral, as atividades propostas na seção **Prática investigativa** podem ser classificadas como grau II, dado que são propostas estruturadas, com o fornecimento do procedimento experimental a ser conduzido, deixando aos estudantes o

EM PROPOSTA

levantamento de hipótese, análise e discussão de dados e estabelecimento de conclusão.

No entanto, caso a turma seja mais madura ou já tenha vivenciado outras atividades investigativas, é possível adaptar as atividades do Livro do estudante, tornando-as de grau III e IV. Pode-se, por exemplo, apresentar apenas a questão-problema, deixando a cargo do corpo discente o levantamento de hipótese e o desenho experimental adequado para resolver o problema com base nos conteúdos conceituais estudados, exercendo habilidades criadoras de seriação de etapas, raciocínio lógico e resolução de problemas. A possibilidade da vivência de diferentes graus ajuda a criar novos desafios para que os estudantes passem da manipulação para a discussão, a argumentação, os registros, a organização das apresentações e a relação com o conteúdo teórico da Unidade, exercendo desse modo seu protagonismo.

O professor assume um papel fundamental nesse processo investigativo, no sentido de propor novos problemas, acompanhar as discussões, promover novas oportunidades de reflexão, estimular, desafiar, argumentar, ou seja, torna-se um orientador da aprendizagem de seus estudantes, auxiliando a passagem do senso comum para o saber científico. Nessa abordagem integrada das diferentes Ciências da Natureza, o professor também tem o papel de problematizar com os estudantes a articulação das diferentes ciências na produção de conhecimento.

- **Segurança nas atividades práticas**

Seja em um laboratório equipado, seja na sala de aula, as atividades práticas representam situações que envolvem riscos – à integridade física e à saúde das pessoas, de forma direta; ou, de forma indireta, ao ambiente. Nesta Coleção, oferecemos formas de minimizá-los: eliminamos reagentes tóxicos, adequamos materiais e procedimentos e reduzimos as quantidades envolvidas. Outras medidas indispensáveis são o uso do avental (ou jaleco) e óculos de segurança em todas as atividades. Ainda que esses equipamentos possam parecer, à primeira vista, dispensáveis, seu uso constante colabora para uma cultura de segurança no laboratório. Os estudantes também devem ter pleno domínio do trabalho a ser executado; para isso, oriente-os a revisar todo o procedimento antes de executá-lo, evitando ações mecânicas e irrefletidas.

No Livro do estudante, a segurança é orientada em dois momentos: no quadro **Atenção**, na seção **Prática investigativa** e no infográfico **Segurança no laboratório**, nas páginas iniciais de cada volume.

Como já mencionado, o infográfico **Segurança no laboratório** foi concebido para disseminar, em linguagem próxima à do estudante, as principais regras de segurança em atividades práticas. Oriente os estudantes a consultá-lo antes de cada atividade prática. Embora o cenário ilustrado seja o de um laboratório, enfatize que essas regras se aplicam a qualquer ambiente onde sejam realizadas atividades práticas. A seguir, detalhamos alguns aspectos que devem ser aprofundados na primeira leitura do infográfico.

Pictogramas de risco

No armário de reagentes, são apresentados os pictogramas utilizados nos rótulos de produtos químicos para identificação dos riscos a eles associados (com base no sistema GHS de classificação e rotulagem).

Os pictogramas e seus significados podem ser divulgados em cartazes no laboratório, junto a outros avisos de segurança que considerar pertinentes. Os pictogramas também devem constar nos rótulos dos frascos de reagentes e suas soluções. Para acessar os significados dos pictogramas, consulte a Norma Brasileira ABNT NBR 14725-3. Produtos químicos: informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. 3. ed. 2017, disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/default.aspx>; acesso em: 16 jun. 2020. Nesse endereço, o acesso à norma é gratuita, mas requer cadastramento.

Aquecimento e eletricidade

Embora tenhamos priorizado atividades que não necessitem de chama, aquecimento ou eletricidade, esses recursos são, muitas vezes, imprescindíveis. Recomendamos que o professor realize pessoalmente procedimentos que envolvam chama; de qualquer forma, oriente os estudantes sobre o modo correto de acionamento do bico de gás e a manter avisos próximos a materiais aquecidos. Uma alternativa pode ser o uso de um fogão ou fogareiro de *camping* a gás. Se possível, privilegie chapas ou mantas elétricas de aquecimento e banho-maria e evite o uso de lamparinas a álcool.

Trabalho com gases

Para o trabalho com gases, o uso de capela é imprescindível e dispensa, nas atividades geralmente propostas para o Ensino Médio, o uso de máscaras de proteção contra gases. Se não for possível sua aquisição, avalie a possibilidade da construção de uma capela de alvenaria, com meia janela frontal de vidro fixa e com sistema de exaustão simples, de menor custo, e suficiente para a maioria das atividades envolvendo gases no Ensino Médio. Idealmente, deve haver uma pia, uma tomada elétrica e uma saída de gás para aquecimento em seu interior. Nesta Coleção, não incluímos procedimentos que envolvam a produção de gases tóxicos.

Prevenção e atendimento de acidentes

Procedimentos de primeiros socorros e o uso de extintores de incêndio devem ser realizados somente por pessoas capacitadas. Consulte o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu, 192) e o Corpo de Bombeiros (193) do seu município sobre a possibilidade de realizar treinamentos em sua escola e propicie que seus estudantes conheçam os equipamentos disponíveis. Entretanto, priorize ações preventivas, enfatizando as regras de conduta apresentadas no infográfico.

O uso obrigatório de avental e óculos de proteção reduz drasticamente o risco de contato de substâncias químicas com a pele. Em alguns casos, faz-se necessário o uso de luvas. Se ainda assim houver contato de substâncias químicas com a pele, olhos ou mucosas, retire imediatamente a vítima do laboratório, a fim de impedir um contato ainda maior com o agente causador do acidente.

Para as substâncias utilizadas nas atividades práticas desta Coleção, dentro das quantidades indicadas, é em geral suficiente que a área atingida seja lavada com água em abundância. Caso outras substâncias ou quantidades sejam utilizadas (em procedimentos desenvolvidos investigativamente pelos estudantes, por exemplo), peça que sejam consultadas informações de segurança nas FISPQ fornecidas pelos fabricantes, que orientam os procedimentos de emergência. As FISPQ também trazem informações ao profissional de saúde responsável por um eventual atendimento médico. Procure garantir, entretanto, que sejam utilizadas substâncias não tóxicas e nas menores quantidades possíveis.

EM MODERNA

As FISPQ são as fontes mais acessíveis a respeito de segurança química, mas podem apresentar discordância de informações. Para maior confiabilidade, sempre que possível, consulte e indique o *site* da European Chemical Agency (disponível em: <https://echa.europa.eu>; acesso em: 4 jun. 2020), no qual é possível realizar buscas pelo nome da substância em questão (em inglês).

Esteja atento a atitudes inconvenientes durante os procedimentos e jamais permita a realização de atividades práticas sem a supervisão de um responsável.

Descarte de resíduos

Embora as situações de ensino experimental geralmente envolvam reagentes de toxicidade reduzida e em pequenas quantidades – medidas que são também enfatizadas nesta Coleção –, não se pode negligenciar o impacto ambiental do descarte de seus resíduos.

Nas atividades práticas propostas, não foram empregados resíduos de alta periculosidade – ou seja, aqueles que causam danos à saúde humana e ao ambiente mesmo em pequenas quantidades (CHRISPINO; FARIA, 2010). Também se priorizaram os compostos orgânicos biodegradáveis. Assim, nas quantidades indicadas, a maior parte dos resíduos sólidos pode ser descartada no lixo comum, e os líquidos, na pia, sem tratamento prévio. Entretanto, recomendamos os seguintes cuidados:

- antes de descartar resíduos líquidos na pia, dilua cerca de 100 vezes em água;
- limite o descarte a 100 mL ou 100 g de resíduo por ponto de descarte por dia.

Resíduos de soluções de ácidos e bases devem ser coletados em frascos plásticos, rotulados e disponibilizados a certa distância uns dos outros para evitar enganos. Antes do descarte, devem ser neutralizados. Os ácidos podem ser neutralizados com uma mistura de bicarbonato e carbonato de sódio, e as bases, com ácido acético ou outro ácido fraco. O pH final da solução deve estar entre 6,0 e 8,0, o que pode ser verificado com um indicador ácido-base apropriado.

Muitas vezes, os resíduos podem ser reaproveitados para outras atividades práticas (solventes orgânicos; fios de cobre ou de níquel-cromo etc.) ou enviados para reciclagem (fragmentos de plástico ou metal, por exemplo). Sugere-se que sejam disponibilizados recipientes para sua coleta segregada, o que se constitui ainda em uma ação didática, ajudando a desenvolver esse hábito nos estudantes e promovendo a reflexão sobre o descarte de materiais. Além disso, as informações e orientações sobre segurança devem fazer parte de uma ação educativa, cujo objetivo é desenvolver nos estudantes competências e habilidades experimentais que os capacitem a se responsabilizar pela sua própria segurança, mesmo em outras situações e ambientes.

O pensamento computacional e o ensino de Ciências da Natureza

Pensamento computacional é uma estratégia de como pensar e desenvolver resoluções para um problema. De fato, a técnica leva inclusive a elaboração de soluções que não são únicas ao problema em questão, mas que a solução também possa ser aplicada a outros problemas parecidos. O conceito de pensamento computacional pode ser aplicado a qualquer área do conhecimento e provavelmente já tenha sido utilizado de forma inconsciente por muitas pessoas no dia a dia. Mas estar consciente dessa estratégia é benéfico por permitir consistentemente lidar com problemas grandes e complexos e obter boas soluções.

No artigo "Pensamento computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar", escrito por Jeannette Wing e publicado em 2006 (p. 1-10), a autora dá alguns exemplos de como elementos do pensamento computacional estão presentes no cotidiano:

> Quando sua filha vai para a escola pela manhã, ela coloca em sua mala as coisas que precisará para o dia – isso é *prefatching* e *caching*. Quando seu filho perde suas luvas, você sugere que ele refaça seus passos – isso é *backtracking*. Em que ponto você para de alugar esquis e compra seu próprio? – isso são *algoritmos on-line*. Em qual fila do mercado você fica? – isso é *modelagem de performance para sistemas multisservidores*. Por que seu telefone continua funcionando mesmo com falta de energia? – isso é *independência de falha* e *redundância de projeto*.

Para Wing (2011 *apud* ANDRÉ, 2018), favorecer o pensamento computacional tem por principal função a formação de pessoas capazes de não apenas identificar as informações, mas principalmente produzir artefatos com base na compreensão de conceitos e utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano. André (2018) também traz outro pressuposto importante relacionado ao pensamento computacional: fazer com que estudantes e professores desenvolvam a competência de fazer pesquisa, isto é, de aprender de forma independente e autônoma sobre um tema ou um procedimento que não se conhece, usando *sites*, bibliotecas e ambientes virtuais, ao mesmo tempo que discute com outros os resultados encontrados. Dessa forma, o pensamento computacional se alinha aos processos e às práticas científicas, sendo também considerado um meio para alcançar a alfabetização científica.

O pensamento computacional é o processo de analisar e solucionar um problema de forma que os seguintes fundamentos sejam seguidos:

- **Dividir o problema:** Quebrar um grande problema em problemas menores que possam mais facilmente ser entendidos e resolvidos. Assim, um grande e incompreensível problema se torna vários pequenos problemas que são mais fáceis de se lidar e que possivelmente tenham soluções imediatas. Isso também deixa mais fácil o planejamento de recursos, esforços e tempo necessários para se resolver cada problema e o problema maior como um todo.
- **Identificação de padrões:** Ao analisar um problema e possíveis soluções, é fundamental identificar padrões, quando e como eles ocorrem. Esses padrões devem ser observados e registrados, pois eles são importantes para o próximo passo.
- **Abstração:** É fundamental com base nos padrões observados abstrair os conceitos fundamentais que explicam os padrões observados e quais são os principais fatores que influenciam na causa e na resolução do problema.
- **Algoritmos:** Algoritmos nada mais são do que uma série de passos e processos usados em sequência para atingir um objetivo final (toda receita de bolo é um algoritmo, por exemplo). Nesse caso, os algoritmos devem ser criados

PROIBIDA

para que se possa desenvolver uma sequência de passos que permita que o problema possa ser analisado e/ou solucionado de forma sistemática. Às vezes, algoritmos podem ser usados para automatizar a solução.

Dessa maneira, o pensamento computacional permite não apenas lidar com problemas grandes e complexos demais para se solucionar de forma intuitiva, mas também estabelece uma forma de criar uma solução que depois possa ser aplicada a outros tipos de problemas de mesma natureza ao se fazer apenas simples mudanças na solução em questão.

Segundo André (2018, p. 105),

> Nas atividades propostas na escola consideramos sempre que a melhoria da aprendizagem dos alunos passa pelo pensamento computacional. Devemos então considerar atividades práticas como situações que possibilitem aprendizagem significativa dando condições para que os alunos possam:
>
> - formular questões acerca de sua realidade e dos fenômenos que vivenciam;
> - elaborar hipóteses sobre essa realidade e esses fenômenos e testá-las, orientando-se por procedimentos planejados;
> - interagir com seus colegas em um ambiente coletivo e propício ao debate de ideias e ao desenvolvimento da capacidade de argumentação através do confronto de suas opiniões.

Segundo esse autor, o pensamento computacional pode ser aplicado a uma ampla gama de artefatos, incluindo: sistemas, processos, objetos, algoritmos, problemas, soluções, abstrações e coleções de dados ou informações.

O planejamento das atividades desta Coleção foi pensado para possibilitar situações cognitivamente desafiadoras para os estudantes, valorizando suas ideias iniciais e representações sobre os temas propostos.

Dorling, Selby e Woollard (2015, *apud* ANDRÉ, 2018) consideram que um currículo que promove o pensamento computacional tem o compromisso de articular as disciplinas e as atividades escolares com aquilo que se espera que os estudantes aprendam ao longo de toda a sua formação, resultando em uma mudança que envolve a vida e a responsabilidade pessoal do sujeito perante a construção de seu conhecimento. Nesse contexto, o sujeito aprende a:

- fazer registros de suas observações por meio de textos, infográficos, protótipos, fluxogramas, tabelas, gráficos e desenhos;
- guardar os registros de suas observações ordenadamente;
- avaliar os seus dados periodicamente;
- observar e identificar com critérios um determinado fenômeno ou situação;
- debater com os seus colegas sobre as suas dúvidas e a viabilidade de suas conclusões;
- alterar um procedimento, caso conclua que deva mudá-lo com base na análise de suas observações;
- escrever sobre suas observações e conclusões;
- não ter medo de errar e aprender a corrigir seus erros para continuar suas produções.

Nos últimos anos, as concepções a respeito do pensamento computacional passaram por profundas modificações que permitiram aproximar essa proposta ao dia a dia do estudante, ou seja, ao seu mundo real, tornando-a cada vez mais presente e concreta. Em uma perspectiva mais ampla, podemos perceber que a preocupação com o pensamento computacional não se restringe à escola e ao currículo formal das disciplinas. O pensamento computacional envolve uma visão interdisciplinar que desconsidera a compartimentalização do conhecimento entre áreas distintas.

Assim, ao realizar as atividades que envolvem o pensamento computacional como estratégia de aprendizagem, alguns elementos são potencializados como a autoria digital e construção da cidadania, bem como a valorização dos recursos tecnológicos como fontes de informação importantes para a aprendizagem.

Alfabetização midiática: do acesso à criação de mídias

Além de explorar linguagens, conteúdos conceituais, práticas investigativas e relações entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, a BNCC também aponta fortemente o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para o ensino, as práticas sociais e o mundo do trabalho. Neste sentido, são definidas competências e habilidades, nas diferentes áreas, que permitem aos estudantes:

- **buscar dados e informaçõe**s de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, **analisando as vantagens** do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais;
- apropriar-se das **linguagens da cultura digital**, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir conteúdos em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à Ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho;
- **usar diversas ferramentas** de *softwares* e aplicativos para compreender e **produzir conteúdos em diversas mídias**, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática; e
- **utilizar, propor e/ou implementar soluções** (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o **raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade**. (BRASIL. 2018, p. 472)

O surgimento das mídias digitais interativas, como as redes sociais, buscadores e outras plataformas colaborativas, marca a origem da WEB 2.0, que justamente caracteriza o alto grau de interatividade, colaboração, produção, uso e consumo de conteúdos pelos próprios usuários (MARTINO, 2014). Inicialmente, o acesso à internet estava restrito aos computadores de mesa, que foram dando espaço para os *notebooks*, até chegarmos no tempo dos *smartphones*. Vivemos, então, em um mundo no qual as mídias parecem ser onipresentes (ARROIO, 2017), mas nem sempre são utilizadas todas as suas potencialidades em contextos escolares.

EM MODERNA

O fato de a realidade digital ser extremamente dinâmica exige constantes processos de formação e atualização. Neste sentido, a Coleção e o Suplemento buscam apresentar possibilidades aos professores e aos estudantes para superar eventuais barreiras em seu uso. Os professores também devem construir uma relação de parceria e trocas com os estudantes nessas atividades, pois, pela maioria dos jovens terem nascido em uma época em que essas tecnologias já estavam presentes, podem trazer novas ideias para seu uso e produção.

As propostas da BNCC com o uso de mídias e tecnologias se articulam com o documento *Alfabetização midiática e informacional: diretrizes para a formulação de políticas e estratégias* publicado em 2011 pela Unesco (WILSON *et al*., 2013). De acordo com os autores desse documento, a alfabetização midiática e informacional relaciona-se diretamente ao usufruto do direito à liberdade de expressão. Seguindo essa perspectiva de alfabetização midiática, Klosterman, Sadler e Brown (2012) pesquisaram o uso dos meios de comunicação de massa voltados para a resolução de problemas sociocientíficos em escolas estadunidenses. Nessa investigação, os autores se basearam nos fundamentos da alfabetização midiática e adaptaram categorias de uso de mídia, por meio das quais puderam classificar como professor e estudantes as utilizavam ao longo de atividades. As categorias de uso de mídia na escola propostas foram:

- Acesso – acessar fontes de mídia e indicar possibilidades de recontextualização na escola.
- Análise – determinar o autor da mídia, o público-alvo, a intencionalidade das mensagens e dos conteúdos veiculados.
- Avaliação – julgar o valor da fonte em termos de acurácia, conteúdo científico, credibilidade, adequação, relevância e usabilidade.
- Criação – elaboração de mídias impressas e audiovisuais na escola.

Os autores definem que essas quatro categorias são igualmente importantes nas práticas educativas, mas a categoria com maior demanda cognitiva é a criação. Um professor que planeja promover abordagens de criação de mídia com seus estudantes permite que eles aprendam por meio da exploração e da ação, ademais, também lhes são auferidas a possibilidade de liberarem sua criatividade e de se expressarem por meio das próprias vozes, ideias e perspectivas (WILSON *et al*., 2013).

Neste sentido, o trabalho com mídias perpassa de forma transversal toda a obra e busca explorar as quatro categorias estabelecidas por Klosterman, Sadler e Brown (2012) por meio das atividades de diferentes seções, em especial, das seções **Pensamento crítico e argumentação** e **Comunicação**.

As propostas apresentadas pela seção **Pensamento crítico e argumentação**, em geral, demandam estudos de artefatos de mídia para a **identificação** e a **análise** de argumentos de debates atuais, além da **avaliação** da qualidade das fontes de informação. Não raro, os artefatos a serem avaliados necessitam do acesso a essas fontes de mídia. Dessa forma, as diversas propostas dessa seção permitem explorar três das quatro categorias: o acesso, a análise e a avaliação.

Já as atividades concebidas para seção **Comunicação** trazem propostas de **criação** e divulgação de materiais relevantes ao contexto local e regional dos estudantes e, em sua maioria, demandam o uso de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs). Assim, as atividades dessa seção atendem a quarta categoria, a de criação. Dessa maneira, todas as fases do processo de alfabetização midiática são atendidas pela Coleção de maneira consistente.

A integração de práticas de alfabetização midiática e de alfabetização científica no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias pode encorajar o pensamento crítico com base nos conteúdos trabalhados e a potencialidade de melhoria de suas ações na sociedade, fortalecendo processos de liberdade de expressão e justiça social, empoderando estudantes e professores a desenvolverem mensagens e protagonismo por meio de produções midiáticas, mas tendo como apoio o pensamento científico, fontes seguras e ações fundamentadas no conhecimento.

A leitura inferencial como objeto de conhecimento

Leitura inferencial significa construir sentido com o texto, deduzir informações com base nele e nos conhecimentos prévios do leitor. Solé (1998) define o ato de ler como:

> Ler é compreender e que compreender é sobretudo um processo de construção de significados sobre o texto que pretendemos compreender. É um processo que envolve ativamente o leitor, a medida que a compreensão que realiza não deriva da recitação do conteúdo em questão. Por isso, é imprescindível o leitor encontrar sentido no fato de efetuar o esforço cognitivo que pressupõe a leitura, e para isso tem de conhecer o que vai ler e para que fará isso.

Leitura inferencial é, portanto, um processo mental que requer competências:

- interpretativas: o leitor faz generalizações, prevê fenômenos e faz suposições acerca do conteúdo;
- dedutivas: o leitor lê nas entrelinhas, conecta ideias do texto para obter conclusões que não estão diretamente expressas no texto.

A indicação da leitura inferencial nos componentes curriculares que compõem a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias justifica-se, principalmente, pela competência geral 2 definida pela BNCC – **Pensamento científico, crítico e criativo** –, com base na qual se espera que o estudante deva "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." (BRASIL, 2018, destaques nossos).

Para extrair inferências de um texto, é importante ter em conta os seguintes passos:

- Identificar as ideias principais no texto.
- Efetuar suposições em torno das ideias implícitas no texto com base nas existentes.
- Reler para constatar as inferências feitas (aquela informação que valida converte-se assim em sua fundamentação correspondente).

MODERNA

Com base no trabalho de Vargas (2012), esta Coleção busca apresentar uma diversidade de tipos de abordagem para o trabalho com os textos, explorando aspectos linguístico-discursivos cruciais para a construção da leitura, exigindo um trabalho cognitivo e de interação dos conhecimentos dos estudantes com o texto, considerando-os como produtores de significados e não meros reprodutores do texto. As atividades previstas na seção **Reflexões sobre a Ciência** possibilitam aos estudantes estabelecer relações entre o que ele já sabe e diferentes tipos de textos sobre aspectos da natureza da Ciência para se chegar a interpretações consistentes, tomando os elementos explícitos no texto, estabelecendo relações entre eles para, finalmente, inferir ou extrair ideias. Nas Orientações específicas deste Suplemento oferecemos direcionamentos de como conduzir essa seção levando em consideração as estratégias de leitura inferencial.

Para auxiliar essa tarefa, sugerimos a leitura do livro *35 estratégias para desenvolver a leitura com textos informativos* (MOSS; LOH, 2012). Apresentamos, a seguir, de forma resumida, três dessas estratégias que podem auxiliar no processo de leitura inferencial, tanto nas oportunidades oferecidas pela Coleção quanto no de outros textos da vida cotidiana dos estudantes, como artigos de jornais e revistas de grande circulação e na internet.

Estratégia A – **Marcar páginas com organizadores adesivos**: ajuda os jovens a lerem com objetivos específicos em mente. Cada estudante recebe quatro marcadores adesivos. No primeiro, ele marca um ponto de exclamação (!) para a parte mais interessante do texto. O segundo, que deve ser identificado com um V, é para vocábulos importantes que precisam ser bem discutidos; o terceiro, identificado com um ponto de interrogação (?), é para partes confusas do texto; e o quarto, identificado com a letra (I), deverá ser usado para indicar uma ilustração (desenho, mapa, tabela, gráfico) que os ajudaram a inferir melhor o significado que o autor está dando ao texto.

Estratégia B – **Guia de discussão**: possibilita uma leitura crítica buscando entender o que está por trás da informação. Neste caso, a atividade deve ser feita em grupo, preenchendo o guia, com base na leitura do texto, com quatro novos aprendizados, três comentários e/ou opiniões, duas perguntas e um tópico que precisa de um exame mais aprofundado com novas leituras.

Estratégia C – **Cartão de comentário**: reunidos em grupo e com base em uma leitura, preferencialmente de um tema controverso, os estudantes devem receber uma folha de papel A4 e dividi-la em quatro partes. Nessas partes, devem escrever um comentário, uma surpresa, uma pergunta e uma observação. As folhas podem ser coladas uma a uma em um painel, ou você pode dividir o quadro de giz ou o mural em quatro, juntando em uma única imagem todos as percepções dos estudantes. Outros tipos de cartões de comentário podem ser criados por você, professor, de acordo com as características do texto. Uma sugestão é a divisão em: concordo, concordo com ressalvas, discordo, preciso de mais informações para me posicionar.

O jovem do Ensino Médio como protagonista

Para o pedagogo mineiro Antônio Carlos Gomes da Costa, "o protagonismo juvenil parte do pressuposto de que o que os adolescentes pensam, dizem e fazem pode transcender os limites de seu entorno pessoal e familiar e influir no curso dos acontecimentos na vida comunitária e social mais ampla" (COSTA, 2000). Ou seja, trata-se de um olhar que reconhece o potencial criador e transformador do jovem em sua atuação no mundo.

A escola assume papel fundamental no desenvolvimento desse protagonismo, pois é nesse local que se torna possível a articulação entre os saberes que os jovens trazem de suas vivências e os saberes teóricos e conceituais que são desenvolvidos na prática pedagógica.

Pensar em protagonismo, portanto, é uma mudança de paradigma, que, além de colocar o jovem no centro do processo de aprendizagem, coloca-o como cocriador de seu próprio processo, e não somente como um receptor de conteúdos.

A revista *Nova Escola* publicou, em 2013, um número especial intitulado "O que os jovens de baixa renda pensam sobre a escola". A pesquisa feita nessa edição revelou, entre outros aspectos, que esses jovens não viam sentido em muitos dos conteúdos ensinados e que reclamavam da falta do uso de tecnologias na escola. A publicação indica, também, que o jovem não se sentia pertencente ao ambiente escolar, por isso não via sentido no que aprendia, além de perceber a distância entre a vida real (baseada na tecnologia) e a rotina escolar.

Com o intuito de aproximar os conteúdos estudados na escola das realidades dos estudantes, a Coleção parte de temáticas sugeridas pelo TCTs. Além disso, esta obra busca ser parceira do professor, na medida em que sugere seções apropriadas ao desenvolvimento do protagonismo juvenil associado às habilidades e competências gerais da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Por exemplo, a seção **Valores e atitudes**, da Unidade Produção e conservação de alimentos, convida o estudante a refletir sobre as perdas e os desperdícios de alimentos tanto mundial quanto individualmente, como também a propor medidas, dentro do seu contexto familiar, para diminuir o desperdício de alimentos e, assim, atuar como multiplicador desse conhecimento em outros grupos. Já a seção **Comunicação**, da Unidade Água, os estudantes se tornam divulgadores de conhecimento científico, com base em campanha publicitária acerca do consumo consciente da água, com o intuito de atuar em prol da comunidade a que pertencem empregando as tecnologias da informação e comunicação e outros instrumentos de comunicação que tenham significado para eles. Cabe ressaltar que as temáticas trabalhadas por essas seções também estão articuladas aos Objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU: 2 (Fome zero e agricultura sustentável); 6 (Água potável e saneamento) e 14 (Vida na água), favorecendo assim a atribuição de sentido às aprendizagens dos estudantes por sua vinculação aos desafios da realidade mundial, regional e local.

Coerente com essa perspectiva, a seção **Reflexões sobre a Ciência** busca viabilizar o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos processos de produção do mundo contemporâneo articulando o conhecimento teórico à resolução de problemas da sua realidade. Podemos citar novamente como exemplo a Unidade Água, em que o estudante, além de conhecer os diferentes tipos de pesquisa científica, é convidado a identificar um problema na comunidade na qual está inserido para então esquematizar, com base nos tipos de pesquisa, como procederiam na busca por soluções e/ou novas compreensões. Outro exemplo cujo foco está nos

EDIÇÃO

processos tecnológicos é apresentado na Unidade Explorando o Universo e a vida. O estudante é levado, por meio de leitura e pesquisa orientada, a entender que Ciência básica e Ciência aplicada têm propósitos diferentes a ponto de identificar a contribuição da pesquisa básica para o surgimento das inovações tecnológicas que beneficiam a sociedade.

O quadro **Revise e amplie!** é também um exemplo de estímulo ao protagonismo juvenil. Por meio dos questionamentos "o que eu aprendi sobre a temática?" e "o que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?" os estudantes são convocados a refletir sobre suas experiências e aprendizagens desenvolvidas ao longo do estudo da Unidade, como também incentivados à aprofundar a temática de modo a privilegiar exclusivamente suas necessidades e seus interesses. Essa é uma estratégia de conscientização para que o estudante continue aprendendo e aprimorando seus conhecimentos.

A BNCC deixa explícito que enxergar o estudante como protagonista pressupõe também valorizar sua bagagem pessoal e cultural, ou seja, seus conhecimentos prévios. Admite ainda seu envolvimento em processos de discussão, decisão, desenho e execução de ações, porque, conforme expõe Costa e Vieira (2000), o protagonismo juvenil reconhece que a participação dos jovens pode gerar mudanças decisivas na realidade social, ambiental, cultural e política em que estão inseridos.

Com o intuito de atender também a essas demandas, a Coleção reservou, dois espaços que valorizam a voz do estudante, além dos já mencionados: o quadro **Pense nisso!** e a seção **Pensamento crítico e argumentação**.

O primeiro diz respeito às questões de levantamento de conhecimentos prévios sobre os conteúdos de Ciências da Natureza. Essa ferramenta auxilia o docente em seu planejamento, respeitando as especificidades de cada turma e de cada estudante. A utilização dessa estratégia se justifica, porque a aprendizagem significativa está associada à capacidade do estudante relacionar o que já sabe sobre determinado assunto com o que está aprendendo de novo, e assim estabelecer conexões. No entanto, o professor não deve se limitar a esse quadro para mapear os conhecimentos dos estudantes. Por exemplo, nas Orientações específicas deste Suplemento, tópico *Subsídios para o planejamento*, há sugestão de estratégia didática baseada em rotinas de pensamento que permite ao educando ativar seu conhecimento prévio para relacioná-lo com o conteúdo novo. No entanto, é fundamental que o professor tenha em mente que a natureza (procedimental, conceitual, factual ou atitudinal) do conteúdo também determina a maneira como vai conduzir a atividade de levantamento de conhecimentos prévios, que podem ser baseadas em desenhos e esquemas representativos, rodas de conversa, produções de texto, análises de casos e situações, encenações e dramatizações, desafios de lógica, entre outros.

O segundo se refere à preparação dos estudantes para atuar de modo responsável e consciente nas diferentes esferas: social, política, cultural, ambiental. Desse modo, nos diferentes volumes da Coleção os estudantes são conduzidos a aprender como estruturar argumentos adequadamente embasados que justifiquem suas ideias e avaliar informações a que serão expostos dentro da temática, e assim defender-se contra a manipulação intelectual. Podemos citar como exemplo, a Unidade Explorando o Universo e a vida, em que é apresentada a diferença entre um argumento e uma explicação, gêneros discursivos considerados sinônimos no senso comum. O estudante é desafiado a identificar e utilizar um argumento com base em evidências fortes, algo fundamental para que participe de discussões em contexto político na escola, como a organização de um grêmio estudantil. Na Unidade Humanos, metais e máquinas, o estudante terá contato com três tipos de argumento – indução, dedução e analogia –, e será levado a exercitá-los no contexto ambiental relativo aos vazamentos das barragens de rejeitos. Ao saber utilizar esses argumentos, os estudantes podem extrapolar os muros da sala de aula, mobilizando esse conhecimento para resolução dos problemas diários.

Ressignificando o papel do professor e sua prática pedagógica

A nova configuração do Ensino Médio prevê não apenas que os estudantes assumam o protagonismo do seu processo de formação, mas também exige uma mudança no papel do professor, o que já vem acontecendo há algum tempo na educação, desde que seu eixo central passou do ensino (centralizado na figura de autoridade do professor) para a aprendizagem (focada na figura do estudante produtor de conhecimento). O Ministério da Educação, nos anos 2000, propôs uma formação, nos cursos de Ensino Superior, mais condizente com os desafios do mundo atual. Entre as exigências que se colocam para o papel docente destacam-se:

- orientar e mediar o ensino para a aprendizagem dos alunos;
- responsabilizar-se pelo sucesso da aprendizagem dos alunos;
- assumir e saber lidar com a diversidade existente entre os alunos;
- incentivar atividades de enriquecimento curricular;
- elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares;
- utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio;
- desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe.

Há, portanto, uma mudança de paradigma tanto do papel docente, que vem buscando ocupar esse espaço de facilitador do processo de aprendizagem, compartilhando a autoridade do processo, quanto do estudante, que busca sair do papel de cumpridor de tarefas para alguém que faça proposições e seja ouvido de fato.

No livro *A pedagogia da presença* (2001), Antônio Carlos Gomes da Costa afirma que a verdadeira relação educador-educando

> [...] baseia-se na reciprocidade, entendida como interação na qual duas presenças se revelam mutuamente, aceitando-se e comunicando uma à outra, uma nova consciência, um novo conteúdo, uma nova força, sem que, para isto, a originalidade inerente a cada um seja minimante posta em causa.

EM MODERNA

Trata-se, portanto, de um equilíbrio dialógico entre os dois papéis, do professor e do estudante, ambos com exigências e paradigmas novos para lidar. Nesse cenário, a colaboração tende a ser um caminho de crescimento e desenvolvimento mais fluido e eficaz.

Para repertoriar os docentes com ferramentas capazes de estabelecer essa colaboração na aprendizagem, trazemos sugestões de **metodologias ativas** e as **rotinas de pensamento**, que também favorecem o desenvolvimento de competências e habilidades preconizadas pela BNCC.

Metodologias ativas

A essência do termo metodologia ativa não se constitui em algo novo. Encontramos menções à importância da ação e da experiência para a aprendizagem em Dewey (1950), Freire (2009), Rogers (1973), Novak e Gowin (1999). O norte-americano John Dewey (1859-1952), por exemplo, em seu ideário da Escola Nova, já defendia que a aprendizagem ocorre pela ação, colocando o estudante no centro dos processos de ensino e de aprendizagem. No entanto, é nesse contexto de crise que a escola tradicional e conteudista enfrenta que as metodologias ativas encontram um ambiente oportuno para serem consideradas nas práticas pedagógicas dos professores.

De acordo com Bacich e Moran (2018, p. 25) as "metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem [...] ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor." Dessa forma, Diesil, Baldez & Martins (2017) identificam que os princípios que constituem essa abordagem de ensino são:

- aluno como centro do ensino aprendizagem;
- professor como mediador, facilitador, ativador;
- inovação;
- trabalho em equipe;
- problematização da realidade;
- reflexão;
- autonomia.

Nessa perspectiva, o uso das metodologias ativas requer uma mudança de postura do professor e do estudante para que ressignifiquem seus papéis, como pode ser observado no quadro a seguir.

	Características que professores e estudantes assumem em dois contextos de ensino.	
	Papel do professor	**Papel do estudante**
Ensino tradicional	Transmissor do conhecimento e centro do processo	Receptor passivo da informação
	Trabalho individual e por disciplina	Participa isoladamente do processo
	Conteúdos organizados em aulas expositivas	Transcreve, memoriza e repete
	Avalia o produto	Faz avaliações (provas e testes)
Ensino com metodologias ativas	Orientador, tutor, conduz a aprendizagem	Ativa o conhecimento prévio
	Trabalho em equipe	Aprende em ambiente colaborativo: interação estudante x estudante; estudante x professor; estudante x material didático
	As disciplinas são organizadas por área de conhecimento valorizando a interdisciplinaridade	Pesquisa, analisa, avalia, toma decisões coletivas e/ou individuais com a finalidade de encontrar soluções para um problema
	Avalia o processo e produto	Autoavaliação, avaliação entre pares e avaliação do professor

Fonte: DIESIL, A.; BALDEZ, TINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

Assim, fica evidente que uma abordagem que faz uso de metodologias ativas promove, por meio de atividades complexas, o desenvolvimento das competências gerais tão enfatizadas pela BNCC. Aprendizagem baseada em problemas, em projetos, por pares, *design thinking*, sala de aula invertida, método *jigsaw*, estudo do meio e estudo de caso são apenas alguns exemplos de metodologias ativas, e sua escolha é condicionada aos objetivos de aprendizagem para cada turma.

Desse modo, o tópico *Subsídios para o planejamento* nas Orientações específicas deste Suplemento oferece sugestões para conduzir os Temas com base em metodologia ativa ou rotina de pensamento (descrita a seguir), obedecendo a estrutura de uma sequência didática. Ao longo das orientações, foram destacadas e justificadas as competências gerais que essas abordagens permitem desenvolver. Esta Coleção valoriza o docente não só como mediador do processo de ensino e aprendizagem, mas também o pesquisador da própria prática, que questiona, reflete e reavalia as etapas de seu trabalho na busca por soluções. Assim, estamos certos de que com base em seus saberes, você, professor, poderá adaptar nossa sugestão ao seu contexto educativo, para proporcionar um ambiente em que os estudantes desenvolvam cada vez mais a autonomia.

Rotinas de pensamento

O Project Zero (Projeto Zero) fundado por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Educação da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, dedica-se a pesquisar as capacidades humanas. Entre os projetos, destaca-se o Pensamento Visível, que se tornou um livro, em 2011, intitulado *Making Thinking Visible,* de autoria de Ron Ritchhart, Mark Church e Karin Morrison.

O pensamento visível, segundo esses autores, tem duplo objetivo: por um lado, cultivar habilidades e disposições de pensamento (curiosidade, preocupação com a verdade e compreensão, uma mentalidade criativa) dos estudantes e, por outro, aprofundar a aprendizagem de conteúdo. Para atingir esses objetivos, várias práticas são mobilizadas, entre elas, a **rotina de pensamento**. Essa é uma prática testada e aprovada mundo afora, mas ainda pouco conhecida no Brasil.

MODERNA

As rotinas de pensamento são protocolos de ação, por exemplo, um conjunto de perguntas ou uma breve sequência de etapas, voltadas para tornar o pensamento do estudante visível, para si e para o outro. Elas têm como objetivo principal despertar e manter o hábito, nos estudantes, de questionar, debater e refletir, desenvolvendo assim muitas das competências gerais da BNCC. O que as torna rotinas, em vez de estratégias, é que elas são usadas repetidamente para que se tornem parte do tecido da cultura da sala de aula. Assim, as rotinas são a maneira pela qual os estudantes conseguem monitorar seu processo de aprendizado.

Quando o pensamento é visível nas aulas, os estudantes estão em posição de serem mais metacognitivos, de pensar sobre seus pensamentos (aprendem a aprender). Isso significa que o professor não valoriza a memorização de conteúdo, mas busca explorar ideias por meio da identificação dos conceitos errôneos, dos conhecimentos prévios, da capacidade de raciocínio e graus de entendimento. Com base nisso, o professor pode enfrentar os desafios e ampliar o pensamento dos estudantes, partindo de onde eles estão.

Foram criadas rotinas específicas para o desenvolvimento da criatividade, da compreensão, da verdade e da equidade, as quais podem ser utilizadas em diferentes contextos, níveis e conteúdos. As principais rotinas são:

- *What makes you say that?* (O que faz você dizer isso?) – Ajuda os estudantes a descrever o que veem ou sabem e pede que eles elaborem explicações. Promove o raciocínio baseado em evidências, uma vez que convida os estudantes a compartilharem suas interpretações, incentivando-os a entender alternativas e múltiplas perspectivas.
- *Think Puzzle Explore* (Pense, Questione e Explore) – Ajuda os estudantes a se conectarem com o conhecimento prévio, estimula a curiosidade e estabelece as bases para uma investigação independente.
- *Think Pair Share* (Pense e Compartilhe em pares) – Incentiva os estudantes a pensar em algo, como um problema, uma pergunta ou um tópico, e depois a articular os pensamentos. A rotina promove o entendimento por meio de raciocínio e explicação, uma vez que os estudantes estão ouvindo e compartilhando ideias.
- *Compass Points* (Pontos de bússola) – Ajuda os estudantes a explorar os vários lados e as facetas de uma proposição ou ideia antes de tomar uma posição ou expressar uma opinião sobre ela.
- *I Used to Think... Now I Think...* (Eu costumava pensar... Agora eu acho...) – Ajuda os estudantes a refletir sobre o que pensavam sobre um tópico ou questão e a explorar como e por que esse pensamento mudou. Pode ser útil na consolidação de novos aprendizados à medida que identificam seus novos entendimentos, opiniões e crenças.
- *Circle of Viewpoints* (Círculos de pontos de vista) – Ajuda os estudantes a considerar múltiplas e diferentes perspectivas envolvidas em torno de um tópico, para entender que as pessoas podem pensar e sentir de maneiras diferentes.

Embora as rotinas de pensamento sejam estruturas simples e fáceis de serem utilizadas, elas colocam professores e estudantes em papéis bem diferentes dos tradicionais. O professor exerce a função de ouvinte, enquanto os estudantes se tornam sujeitos ativos, capazes de direcionar o aprendizado para suas dúvidas e seus questionamentos. Assim, acreditamos que nesse momento de transição elas podem se tornar excelentes aliadas para inovar a prática pedagógica.

Avaliação a serviço da aprendizagem

Quando pensamos na avalição como processo, surgem questionamentos voltados aos resultados esperados e cobrados dos estudantes, e nós, professores, na função de mediadores, por vezes nos perguntamos quais são os instrumentos seguros e legítimos que podemos utilizar.

Segundo Luckesi (2011), a avaliação deve ser o instrumento dialético do avanço, porque a aprendizagem, como cerne da ação avaliativa, é dinâmica. Portanto, a **avaliação formativa**, como propomos nesta Coleção, não busca classificar nem selecionar os estudantes, pelo contrário, é impulsionadora da aprendizagem dele, levando em consideração seus aspectos cognitivos, afetivos e sociais, além de ser promotora da melhoria do ensino. Esses dois processos são dinâmicos e complementares.

Concordamos com Luckesi (2011) quando aponta que:

> […] para qualificar a aprendizagem de nossos educandos, importa, de um lado, ter clara a teoria que utilizamos como suporte de nossa prática pedagógica, e, de outro, o planejamento de ensino, que estabelecemos como guia para nossa prática de ensinar no decorrer das unidades de ensino do ano letivo.

Nessa perspectiva, torna-se necessária uma reflexão do professor a respeito dos instrumentos capazes de recolher dados sobre a realidade de aprendizagem dos estudantes. Os instrumentos podem ser diversificados tanto quanto é diversificada a maneira como eles são capazes de aprender e demonstrar seu aprendizado. O *Guia de Implementação do Novo Ensino Médio* deixa explícita a necessidade de elaboração de modelos avaliativos que deem conta das particularidades de cada metodologia e estratégia de ensino e aprendizagem, enfatizando o caráter formativo:

> As escolas não devem se limitar somente à aplicação de provas escritas ao final de um período, em especial quando o que está sendo avaliado não é apenas o aprendizado de conteúdos, mas o desenvolvimento de habilidades e competências. Propõe-se que se desenvolvam diferentes métodos de avaliação que atendam à nova realidade, como a demonstração prática, a construção de portfólios, a documentação emitida por instituições de caráter educativo, entre outras formas de se avaliar os saberes dos estudantes.

A prática avaliativa no contexto atual busca, então, superar sua função burocrática de atribuir notas e sua limitação à memorização repetitiva de conteúdos conceituais. A preocupação do novo Ensino Médio é desenvolver habilidades e competências, o que exige do professor uma escolha diferenciada e diversificada de instrumentos que o ajudem a perceber o progresso dos estudantes nas múltiplas relações que eles estabelecem com o conhecimento científico, com os conteúdos procedimentais e atitudinais.

OBRA COMPLETA

Assim, esta Coleção apresenta três momentos, no Livro do estudante, que priorizam a avaliação, delineando sua importância ao longo do processo de aprendizagem. Na Abertura das Unidades, o quadro **Pense nisso!** serve de avaliação diagnóstica, que permite ao professor colher pistas do que os estudantes já sabem e como compreendem o conteúdo para poder iniciar os Temas. A seção **Reflita sobre seu aprendizado!** é um momento de autoavaliação que demandará dos estudantes a decomposição dos objetivos gerais da Unidade em suas partes e posterior percepção de quais aspectos desses objetivos foram atendidos à luz do que foi estudado no Tema e quais ainda precisam ser esclarecidos. Trata-se de uma estratégia que compõe o pensamento computacional, dividir um problema em problemas menores até que sua solução seja trivial. Já a seção **Revise e amplie!** propõe duas questões metacognitivas: uma associada à autoavaliação da aprendizagem e a outra, que estimula o aprofundamento sobre a temática, incentivando o protagonismo do educando.

Na Coleção, consideramos a **autoavaliação** uma etapa importante da aprendizagem, pois permite que o estudante assuma responsabilidade sobre esse processo, estabelecendo ações que favoreçam seu avanço. Além disso, saber se autoavaliar contempla diretamente as competências gerais 7 e 10 da BNCC, ao exercitar o pensamento crítico e o aprender a aprender. Refletir sobre a própria aprendizagem e ter clareza desse processo é o que promove a autonomia necessária para chegar a essas competências.

Destacamos ainda dois instrumentos de avaliação e as oportunidades em que podem ser realizados com base nas seções do Livro do estudante. No entanto, cabe mencionar que o professor precisa ter clareza dos objetivos de aprendizagem durante o percurso traçado para favorecer a aprendizagem e é fundamental que registre esse percurso.

- **Mapa conceitual**

É uma representação gráfica de uma rede de proposições que explicita a relação entre conceitos sobre determinado conhecimento específico. Os conceitos, usualmente, são organizados de forma hierárquica, do mais geral, localizando-se no topo, em direção ao mais específico, na base do mapa. A construção do mapa conceitual deve responder a uma pergunta específica que direciona a elaboração e a sua leitura. Assim, ao trabalhar os Temas com o Livro do estudante, esse recurso torna-se valioso para ajudar o professor a verificar o conhecimento declarativo dos estudantes a respeito do conteúdo vinculado às habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**,** mobilizando também as competências gerais 1 e 2. Sugerimos duas maneiras de utilizar essa ferramenta.

1. Solicitar aos estudantes que construam um mapa, com base no seguinte questionamento: "Quais são os principais assuntos tratados ao longo do Tema?". Nesse caso, é importante que o professor ensine os estudantes a construir um mapa conceitual, realizando um treinamento sistemático para que eles manipulem corretamente os componentes essenciais, as proposições, hierarquia e a pergunta focal. Os artigos de Moraes e colaboradores (2011) e Moreira (2012) são excelentes referências para auxiliar nessa tarefa.
2. O professor elabora um mapa conceitual sobre o Tema estudado com termos de ligação ou conceitos de modo que algumas proposições estejam conceitualmente incorretas. Os erros devem ter níveis simples, intermediários e difíceis. Os mapas são distribuídos à turma e solicita-se aos estudantes que identifiquem os erros e sugiram uma forma de corrigi-los. O professor deve avaliar a quantidade de erros identificados e sua complexidade, bem como as sugestões de correção.

Nas duas sugestões de uso, o professor pode solicitar a construção ou a análise do mapa em grupo ou individualmente. Além disso, é importante que os estudantes exponham esse aprendizado para a turma, o que permitirá ao professor reconhecer as dificuldades conceituais do educando, gerando um momento metacognitivo. Esse momento também é uma oportunidade de avaliar como os estudantes mobilizam a competência geral 4, que tem como foco a comunicação.

- **Debate**

O debate é uma atividade intencionalmente planejada e estruturada para exposição dos diferentes pontos de vista sobre determinado assunto e assume diversos formatos (simulações de assembleias, júris, convenções etc.). Como instrumento de avaliação, permite que o professor observe os estudantes por meio das habilidades que o uso dessa ferramenta revela: conhecimento escolar, argumentação, oralidade, organização estratégica do pensamento e capacidade de escuta, favorecendo assim a mobilização de diversos elementos que compõem as Competências Gerais 1, 4, 7 e 9. É importante que o professor crie uma lista de critérios de avaliação para acompanhar a discussão e, assim, consiga orientar melhor a conduta de cada estudante.

A Coleção cria oportunidades para que o debate seja valorizado como estratégia de aprendizagem e, consequentemente, de avaliação. Destacamos a seção **Pensamento crítico e argumentação** por geralmente apresentar temas controversos e demandar um posicionamento dos estudantes. As seções **Reflexões sobre a Ciência; Valores e atitudes; Comunicação; Prática investigativa** (tópico *Discuta com seus colegas*) também permitem organizar esse tipo de atividade, uma vez que estimulam a participação ativa dos estudantes, convidando-os a expor suas opiniões e refletir sobre os diferentes pontos de vista.

Além desses instrumentos, é possível, a realização de resumos, relatórios ou fichas de observação, principalmente durante o trabalho com a seção **Prática investigativa**; confecção de portfólio individual ao longo do estudo da Unidade; elaboração de *blog*, produção de vídeos e animações em *stop motion* para divulgação de informações para a comunidade, um dos focos da seção **Comunicação** e ainda a utilização de rubrica (que indica, em escala, as expectativas específicas para determinada tarefa) para avaliar o trabalho em grupo, que pode ser feito em qualquer seção do livro.

A seção **Atividades** no Livro do estudante, composta de exercícios de múltipla escolha e questões discursivas, contribui com a preparação dos estudantes para as avaliações em larga escala, buscando inseri-los em uma cultura científica. Essa é uma oportunidade de o professor se tornar parceiro do estudante, utilizando essa seção como instrumento a serviço da aprendizagem do educando. Ou seja, de um lado o professor atua como mediador auxiliando na resolução dos exercícios, do outro, o educando gradativamente vai ganhando autoconfiança, tornando-se autônomo, de modo que os erros e as dúvidas possam impulsionar sua aprendizagem.

CÓPIA NÃO OFICIAL

Vale destacar que durante o trabalho com as seções supracitadas, o professor deve ir além da constatação das dificuldades dos seus estudantes. É preciso compreender o nível e as condições em que eles se encontram com intuito de (re) direcionar suas ações e assim possibilitar caminhos para que o educando construa seu conhecimento. Nesse contexto, a avaliação, para o professor, assume também um caráter reflexivo, que pode ser norteado por alguns questionamentos: "Como planejo minha aula?"; "Como registro e avalio o trabalho realizado pelos estudantes?"; "Quais são as principais causas do sucesso ou fracasso das estratégias adotadas?" e "O que deve ser alterado e o que deve permanecer igual?".

Justificativa e objetivos deste volume

Com uma população mundial de mais de 7 bilhões de pessoas e recursos naturais limitados, é premente que indivíduos e sociedade aprendam a conviver de forma sustentável. Nesse contexto, a educação para o desenvolvimento sustentável assume papel de destaque, uma vez que auxilia os estudantes a compreender o mundo em que vivem, abordando a complexidade e o inter-relacionamento de problemas como pobreza, consumo predatório, degradação ambiental, deterioração urbana, saúde, conflitos e violação dos direitos humanos. A educação visando o desenvolvimento sustentável ainda incentiva mudanças de comportamento e a tomada de decisão com foco na integridade ambiental, na viabilidade econômica e na promoção de uma sociedade justa para as gerações presentes e futuras. Nessa perspectiva, o presente volume traz duas temáticas relevantes ao contexto atual de mundo, cujas escolhas foram embasadas nos Temas Contemporâneos Transversais da BNCC e nos objetivos do desenvolvimento sustentável 4 e 7 da Agenda 2030 da ONU, e que são trabalhadas separadamente por cada uma das Unidades. Com a apresentação dessas duas temáticas, busca-se desenvolver conhecimentos, habilidades, valores e comportamentos, e promover competências, como pensamento crítico, reflexão sobre cenários futuros e tomadas de decisão de forma colaborativa. Dessa forma, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e a Coleção, por meio da articulação com outras áreas do conhecimento, assumem uma posição fundamental na formação integral dos estudantes, assegurando acesso à diversidade de conhecimentos científicos existentes e aos seus principais processos, práticas e procedimentos, além de incentivá-los a mudar seus comportamentos e tomar atitudes em favor do desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, para este volume definiram-se objetivos de aprendizagem, apresentados a seguir, que buscam garantir o desenvolvimento de habilidades e competências gerais e específicas.

Unidade 1 – Energia e vida
Analisar o processo de fotossíntese artificial e discutir a necessidade de implementação de novas tecnologias de produção de energia limpa para definir o conceito de biomimética.
Analisar as transformações e as conservações de energia para compreender diversas situações do cotidiano.
Explicar o movimento de corpos na Terra, no Sistema Solar e no Universo, considerando a energia potencial gravitacional.
Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais por meio dos conceitos da dualidade onda-partícula e do princípio da incerteza de Heisenberg.
Analisar e interpretar questões usando conceitos de Física Quântica para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob perspectiva científica.
Explicar a variação de entalpia nos processos endotérmicos e exotérmicos durante as transformações da matéria.
Calcular a variação de entalpia dos processos físicos e das reações químicas a partir das entalpias de rompimento, de formação de ligações entre átomos e dos valores de entalpia padrão e da lei de Hess.
Conhecer a estrutura das células procarióticas e eucarióticas (animal e vegetal), e as funções de suas organelas.
Compreender que o transporte de substâncias através da membrana plasmática é essencial para a manutenção da vida e pode envolver gasto de energia.
Reconhecer as transformações de energia que ocorrem durante a fotossíntese, a fermentação e a respiração celular.
Relacionar o processo de fotossíntese e o sequestro de carbono da atmosfera com a importância de se reduzir o desmatamento para frear o aquecimento global.
Compreender quimicamente o metabolismo energético com ênfase nos estados de oxidação das espécies químicas e nas reações espontâneas de transferência de elétrons.
Realizar o balanceamento de reações químicas usando os princípios da oxirredução.
Exercitar o uso e a seleção de evidências científicas reconhecendo a estrutura dos argumentos.
Reconhecer ideias pseudocientíficas que visam favorecer a comercialização de produtos e serviços.
Descrever as diferenças entre pesquisa qualitativa e quantitativa, identificando e aplicando as melhores formas de apresentação dos dados de acordo com a natureza da pesquisa em questão.
Reconhecer a importância da energia solar como fonte energética viável e sustentável, avaliando as possibilidades de seu uso no cotidiano.
Unidade 2 – Desenvolvimento sustentável
Avaliar e prever os impactos das intervenções nos ecossistemas provocados pela cadeia produtiva de bens de consumo, sobretudo aqueles apresentados em embalagens descartáveis.
Compreender o conceito de desenvolvimento sustentável.
Analisar as interferências no ambiente oriundas do desenvolvimento da civilização humana e perceber que a introdução e a extinção de espécies são fatores que alteram o equilíbrio ecológico.
Compreender os conceitos de pegada ecológica e biocapacidade, avaliando os prejuízos relacionados ao consumo não consciente.
Relacionar os conceitos de economia circular, desenvolvimento sustentável, química verde e química orgânica.
Analisar vantagens e desvantagens dos métodos de obtenção e de formas de uso de biocombustíveis e polímeros, em função de sua estrutura molecular, propriedades físico-químicas e impactos ao ambiente.
Reconhecer a biomassa como fonte de energia e de matéria-prima em um contexto econômico mais sustentável, analisando fórmulas estruturais e reações químicas.
Conhecer os processos químicos básicos envolvidos em uma célula eletroquímica.
Relacionar a composição de diferentes tipos de pilhas e baterias comerciais aos seus usos e impactos sociais e ambientais.
Analisar questões e elaborar hipóteses por meio do entendimento dos movimentos periódicos e das características das ondas para obter conclusões diante de situações-problema, e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.
Analisar as propriedades de meios materiais para entender como o som se propaga por eles e poder adaptar o seu uso em aplicações cotidianas.
Produzir *podcast* sobre poluição sonora para conscientizar a população dos riscos à saúde em função da exposição contínua a ruídos.
Elaborar questões, hipóteses e previsões para ser avaliadas sob a perspectiva do método hipotético dedutivo.
Interpretar informações científicas presentes em textos de divulgação, considerando os critérios de falseabilidade e replicabilidade para avaliar a confiabilidade dessas informações.
Reconhecer as diferentes classificações atribuídas às pesquisas científicas em função do procedimento adotado para a coleta de dados.
Reconhecer os processos de dedução, indução, interpolação e extrapolação como parte do método científico e constatar as influências de cada um desses processos na qualidade da conclusão extraída da análise.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Referências bibliográficas

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, K. R. A. *Taxonomy for learning, teaching and assessing*: a revision of Bloom's taxonomy or educational objectives. New York: Longman, 2001.

O livro traz uma revisão da taxonomia de Bloom, que explora os currículos de três perspectivas únicas: psicólogos cognitivos, especialistas em currículo e formadores de professores e especialistas em medição e avaliação.

- ANDRÉ, C. F. O pensamento computacional como estratégia de aprendizagem, autoria digital e construção da cidadania. *Teccogs* – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 18, p. 94-109, jul./dez. 2018.

O artigo tem como proposta instigar como o pensamento computacional, na escola, favorece a revisão das próprias produções em um processo de ideias.

- ARROIO, A. Is media literacy an urgent issue in education for all? *Problems of education in the 21th century*, v. 75, n. 5, p. 416-418, 2017.

O artigo traz uma reflexão sobre como as novas tecnologias poderiam ser usadas como meio de fornecer acesso e engajamento nos programas de aprendizagem para todos os grupos sociais da população em todo o mundo.

- AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, v. 1, 2007.

Artigo de revisão bibliográfica sobre o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) dentro do contexto do ensino de Ciências no Brasil.

- BACICH, L.; MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora*: uma abordagem teórico-prática [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2018.

O livro apresenta práticas pedagógicas, na Educação Básica e Superior, que valorizam o protagonismo dos estudantes e que estão relacionadas com as teorias que lhes servem como suporte.

- BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2012.

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que tinha como objetivo entender como estudantes argumentam quando experimentam a necessidade de persuadir indivíduos com visões contrárias a deles.

- BORELLI, S. H. S.; FREIRE FILHO, J. (org.). Culturas juvenis no século XXI. *Revista de Antropologia*, v. 52, n. 1. São Paulo: USP, 2009. Disponível em: <revistas.usp.br/ra/article/view/27340/29112>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O artigo apresenta uma série de pesquisas sobre práticas juvenis no Brasil e busca oferecer um panorama das transformações dos modos de ser jovem no início deste século.

- BRASIL. Ministério da Educação. Proposta de diretrizes para a formação inicial de professores da Educação Básica, em cursos de nível superior, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ed_basdire.pdf. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento propõe uma formação, nos cursos de Ensino Superior, mais condizente com os desafios do mundo atual, e enumera algumas exigências para o papel do professor nessa nova perspectiva.

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*: educação é a base. Brasília: MEC/SEB, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

Trata-se de um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

- BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC*: Propostas de práticas de implementação, 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento explica a necessidade de abordar esses temas nas escolas mostrando que, ao contextualizar o que é ensinado em sala de aula juntamente dos temas contemporâneos, pode-se aumentar o interesse dos estudantes no seu desenvolvimento como cidadão.

- BRASIL. Ministério da educação. *Guia de Implementação do Novo Ensino Médio*. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/#!/guia>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento traz os fundamentos para a implementação da nova proposta para a etapa do Ensino Médio, enfatizando a importância do uso de instrumentos diversificados para avaliação do ensino-aprendizagem.

- BRASIL. Ministério da Educação. *Novo Ensino Médio – perguntas e respostas*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensinomedio-duvidas>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento reúne as perguntas mais frequentes sobre o novo Ensino Médio e as respectivas respostas.

- CARVALHO, A. M. P. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. *In*: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (ed.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio*: retos e propuestas. Santiago: Universidade Católica de Chile, 2006.

O artigo mostra que não é apenas o produto das Ciências que deve ser transmitido às novas gerações, mas também o processo de construção das Ciências e a cultura científica a partir de seus diversos prismas.

- CARVALHO, A. M. P. *et al*. *Termodinâmica:* um ensino por investigação. São Paulo: Feusp/Capes, 1999.

O artigo fala sobre averiguar quais as vantagens de se usar o ensino por investigação.

MODELO

- COSTA, A. C. G. da. *Pedagogia da presença*: da solidão ao encontro. Belo Horizonte: Modus Faciendi, 2001.

O livro é uma ferramenta de qualificação das relações humanas, como ética de acolhimento, respeito e empatia para com as pessoas.

- COSTA, A. C. G.; VIEIRA, M. A. *Protagonismo juvenil:* adolescência, educação e participação democrática. Salvador: Fundação Odebrecht, 2000.

O livro tem como objetivo instrumentalizar os profissionais que lidam com o desenvolvimento pessoal e social do jovem, oferecendo um conjunto de conceitos e práticas que trazem novos paradigmas de educação, com o jovem como eixo central.

- DEWEY, J. *Lógica*: teoría de la investigación. México: Fondo de Cultura Económica, 1950.

O livro demonstra que a aprendizagem deve partir da lógica, caracterizada como teoria da investigação.

- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

O artigo traz práticas pedagógicas que valorizam o protagonismo dos estudantes e que estão relacionadas com as teorias que lhes servem como suporte, além de apresentar as alterações necessárias na prática docente quando do uso de metodologias ativas.

- ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (eds.). *Argumentation in science education:* perspectives from classroom-based research. UK: Springer.

O livro agrupa artigos de grandes pesquisadores na área de argumentação no ensino de Ciências, combinando perspectivas teóricas e práticas relevantes.

- FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017.

Artigo científico que traça um panorama das ações tomadas por um professor, visando instaurar e mediar a produção de argumentos pelos estudantes em sala de aula.

- FREIRE, P. *Pedagogia da esperança*: um reencontro com a *Pedagogia do oprimido*. 16. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2009.

O autor faz uma reflexão sobre *Pedagogia do oprimido*, publicado em 1968 durante o seu exílio no Chile, e analisa suas experiências pedagógicas em quase três décadas nos mais diferentes países.

- KLOSTERMAN, M. L.; SADLER, T. D.; BROWN, J. Science teachers' use of mass media to address socio-scientific and sustainability issues. *Research in Science Education*, v. 42, n. 1, p. 51-74, 2012.

Esse estudo investiga os usos, relatados e reais em sala de aula, dos meios de comunicação de massa pelos professores secundários de Ciências para explorar questões sócio-científicas e de sustentabilidade.

- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Edusp, 2004.

O livro procura acompanhar o crescimento das pesquisas na área e a expansão e o aprofundamento dos estudos sobre o aprendizado dos alunos, mantendo, no entanto, suas características de instrumento de consulta e estudo.

- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. *Ensino de Ciências e cidadania*. São Paulo: Moderna, 2004.

O livro faz uma análise das tendências presentes no ensino básico de Ciências, levando em consideração o que realmente é essencial para que o objetivo do seu ensino seja realmente alcançado.

- LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem*: componente do ato pedagógico. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

O livro oferece condições para melhor compreender o ato de avaliar a aprendizagem dos alunos e, dessa forma, orientar uma prática mais adequada às suas finalidades.

- MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 12, n. 2, 2012. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c3a5/6d3136511e2012fde0b975c503ecf40ae332.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O artigo propõe uma construção teórica de categorias para as perguntas feitas pelo professor de Ciências em aulas investigativas, levando em conta o conceito de ciclo argumentativo.

- MARTINO, L. M. S. *Teorias das mídias digitais*: linguagens, ambientes e redes. Petrópolis: Vozes, 2014.

O livro faz um mapeamento dos conceitos e das teorias relacionadas à cibercultura, cultura digital, internet ou mídias digitais e apresenta os eixos temáticos dessas mídias dentro da comunicação.

- MORAES, J. U. P. *et al*. Avaliação baseada na aprendizagem significativa por meio de mapas conceituais. VIII ENPEC, Campinas, 2011.

O artigo busca fazer uso de mapas conceituais para avaliar o aprendizado dos alunos, identificando se tal aprendizado ocorreu de forma significativa.

- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

O artigo mostra uma fundamentação teórica e alguns exemplos, particularmente na área de Ciências, como uma estratégia potencialmente facilitadora de aprendizagem significativa.

- MOSS, B.; LOH, V. S. *35 estratégias para desenvolver a leitura com textos informativos*. Porto Alegre: Penso, 2012.

O livro é um guia prático que apresenta atividades baseadas em pesquisas que auxiliam os professores a ensinar os estudantes a ler e pensar com senso crítico sobre textos informativos.

- NOVA ESCOLA. O que os jovens de baixa renda pensam sobre a escola. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/7307/expediente-edicao-especial-o-que-pensam-os-jovens-de-baixa-renda-sobre-a-escola>. Acesso em: 20 maio 2020.

Artigo que relata os resultados de uma pesquisa, revelando, entre outros aspectos, que os jovens de baixa renda não encontravam sentido nos conteúdos ensinados nas escolas, e evidenciando a distância entre a vida real e a rotina escolar no âmbito do uso de tecnologias.

MODELO

- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1999.

O livro traz ferramentas com o objetivo de facilitar o processo de aprender de forma significativa.

- PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. A Argumentação no ensino de Ciências: um delineamento das produções acadêmicas brasileiras no período de 2010 a 2018. *Revista Triângulo*, v. 11, n. 3, 2018. p. 212-232.

O artigo apresenta um mapeamento da produção acadêmica brasileira sobre argumentação no ensino de Ciências.

- RITCHHART, R.; CHURCH, M.; MORRISON, K. *Making Thinking Visible*: How to promote engagement, understanding, and independence for all learners.1. ed. California: Jossey-Bass, 2011.

O livro traz uma abordagem baseada em pesquisa para o ensino do pensamento. É uma coleção variada de práticas, incluindo rotinas de pensamento – pequenos conjuntos de perguntas ou uma curta sequência de etapas –, além da documentação do pensamento do aluno.

- ROGERS, C. *Liberdade para aprender*. Belo Horizonte: Interlivros, 1973.

O livro parte de questionamentos a respeito do sistema educacional; foi escrito para os profissionais da educação numa tentativa de motivar o desejo de mudança e a realização de algo concreto.

- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, 2007.

A partir do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), o artigo propõe uma abordagem de contextualização no ensino de Ciências em uma perspectiva crítica e apresenta um modelo curricular como exemplo.

- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química*: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Editora da Unijuí, 2010.

Obra dedicada ao ensino de Química, cujos fundamentos em termos de princípios para a formação da cidadania são o foco de interesse no ensino de Ciências.

- SASSERON, L. H. S. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O livro tem por objetivo discutir aspectos importantes do ensino e da aprendizagem dos conteúdos científicos no nível fundamental.

- SASSERON, L. H. S.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

O artigo apresenta um estudo qualitativo realizado após a aplicação de uma sequência didática de Ciências no Ensino Fundamental.

- SILVA, A. M. K. *Questões sociocientíficas e o pensamento complexo*: tecituras para o ensino de Ciências. Tese (doutorado) – Faculdade da Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

A pesquisa, de cunho teórico, teve por objetivo delinear, a partir do pensamento complexo, princípios epistêmicos teórico-estratégicos orientadores nas discussões sobre Questões Sociocientíficas (QSC) em aulas de Ciências.

- SILVA, E. L. da. *Contextualização no ensino de Química: ideias, proposições de um grupo de professores*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2012/quimica_artigos/contex_ens_quim_dissert.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

A pesquisa teve como objetivo investigar as ideias e as proposições de um grupo de professores a respeito da contextualização no ensino de Química.

- SOLÉ, I. *Estratégias de leitura*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

O objetivo desse livro é instrumentalizar educadores e profissionais a promover a utilização de estratégias de leitura que permitam interpretar e compreender melhor textos escritos.

- TRIVELATO, S. L. F.; SILVA, R. L. F. *Ensino de Ciências*. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

O livro aprofunda a discussão conceitual sobre temas atuais e de limites menos disciplinares e indica, ao final de cada capítulo, diversas referências bibliográficas sobre o ensino de Ciências.

- UNESCO. *Educação para os objetivos de desenvolvimento sustentável*: objetivos de aprendizagem, Brasília: Unesco, 2017.

O guia oferece orientações e sugestões que os educadores podem selecionar e adaptar para encaixar em contextos de aprendizagem concretos.

- VARGAS, D. S. O plano inferencial em atividades escolares de leitura: o livro didático em questão. *Revista Intercâmbio*, v. XXV, p. 126-152, 2012.

O artigo analisa materiais didáticos de Língua Portuguesa, no que diz respeito ao trabalho desenvolvido com os alunos em relação aos seus processos de inferenciação em leitura.

- WILSON, C.; GRIZZLE, A.; TUAZON, R.; AKYEMPONG, K.; CHEUNG, C. *Alfabetização midiática e informacional:* currículo para a formação de professores. Brasília: Unesco, 2013. 194p

A publicação faz uma abordagem sistemática e abrangente na preparação deste currículo de Alfabetização midiática informacional para formação de professores.

- WING, J. Pensamento computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 1-10, maio/ago. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711>. Acesso em: 20 maio 2020.

O artigo traz exemplos de como elementos do pensamento computacional estão presentes no cotidiano e evidencia a importância do favorecimento do pensamento computacional na compreensão de conceitos e no enfrentamento de desafios cotidianos.

MODERNA

UNIDADE 1 Energia e vida

Abertura

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Diferenciar energia limpa de fontes poluentes.
- Debater vantagens e desvantagens de diferentes fontes energéticas.
- Reconhecer a fotossíntese como um processo de transformação de energia.
- Reconhecer as etapas da fotossíntese natural, relacioná-las com as etapas da fotossíntese artificial e diferenciá-las.
- Analisar o processo de fotossíntese artificial e discutir a necessidade de implementação de novas tecnologias para a produção de energia limpa.
- Definir o conceito de Biomimética e citar alguns exemplos de sua utilização.

Subsídios para o planejamento

A abertura desta Unidade, por se tratar de uma aplicação biomimética para produção de energia limpa, deve ser conduzida pelos professores dos componentes curriculares **Química, Física** e **Biologia**.

Oriente os estudantes a fazerem uma análise da imagem e do esquema que a acompanham, seguida da leitura do texto. Depois, questione-os sobre o processo de fotossíntese, verificando qual é o nível de conhecimento deles sobre esse conceito, já trabalhado no Ensino Fundamental. Apresente uma situação-problema para que os estudantes possam compartilhar seus conhecimentos. Um exemplo pode ser o de plantas que ficam em ambientes internos. Faça perguntas, como: "Por que algumas plantas se desenvolvem em ambientes sombreados enquanto outras devem necessariamente ficar em ambientes ensolarados?"; "Quais são as características que devemos observar para que uma planta sobreviva em um ambiente interno?". Peça aos estudantes que escrevam sobre os aspectos que devem ser levados em conta quando queremos colocar plantas decorativas em ambientes diversos e verifique como eles organizam as informações para escrever o texto.

Existem diversos métodos que tentam simular a fotossíntese natural. Para conhecer e entender um desses processos, acesse a matéria da *Ecycle*, indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Além do conteúdo explicativo, ela fornece diversos *links* sobre as pesquisas que levaram ao invento da folha biônica. Se julgar pertinente, compartilhe esse conteúdo com os estudantes para enriquecer o debate em sala de aula.

Questione os estudantes sobre o termo "energia limpa". Nesse momento, pode-se fazer um resgate dos conhecimentos prévios adquiridos no Ensino Fundamental relacionados à habilidade **EF08CI01**, que versa sobre identificação e classificação de diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades. Portanto, é esperado que os estudantes mencionem a origem dos combustíveis quando falarem em energia limpa. Debata com eles sobre as emissões decorrentes do uso de determinados combustíveis. Por exemplo, o carvão vegetal, que, apesar de ser uma fonte de energia renovável, emite partículas de carbono quando queimado. Oriente os estudantes a refletir sobre a origem dos combustíveis e sobre seus produtos.

Observe como os estudantes definem "energia limpa" e peça que tomem nota dessas ideias no caderno. Para nortear esta etapa, anote no quadro de giz as palavras-chave mencionadas pela turma. Espera-se que sejam citados termos como "emissão de gases", "efeito estufa", "menor impacto na natureza", "menos poluente" etc. Ao analisar os termos e o que eles implicam, leve os estudantes a refletir sobre como outros usos de energia impactam no ecossistema, favorecendo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**. Abra espaço para também analisar as questões socioambientais e relacioná-las a escolhas políticas e econômicas; assim, os estudantes trabalham parcialmente a habilidade **EM13CNT309**. Nesse momento, espera-se que eles reflitam sobre as fontes de energia atualmente disponíveis. Para isso, liste no quadro de giz os tipos de energia conhecidos (biomassa, eólica, solar, hidráulica, geotérmica, nuclear e oceânica) e discuta com eles as vantagens e as desvantagens de cada tipo. É importante esclarecer que ainda não se conhece uma fonte de energia que não cause nenhum impacto ambiental, seja na sua instalação, seja na sua produção. Comente alguns inconvenientes das energias limpas, como os elevados custos e os riscos de acidentes (da energia nuclear), a alteração da paisagem (da energia eólica), a destruição do ecossistema e da paisagem (com a instalação de uma usina hidrelétrica) etc. Incentive os estudantes a se posicionarem criticamente, analisando também a proposta da fotossíntese artificial em larga escala. Com essa reflexão e, ao discutirem sobre formas de energia que possam evitar a poluição sistêmica, eles trabalharão a habilidade **EM13CHS301**.

Em seguida, chame a atenção dos estudantes para a leitura do esquema. Esse exercício mobiliza o uso de recursos linguísticos e multissemióticos trabalhando seus efeitos de sentido. Para compreendê-lo, devem analisar imagens e textos e refletir sobre eles, relacionando-os para extrair e assimilar as informações, desenvolvendo assim a habilidade **EM13LP45**. A análise criteriosa das etapas, observando as transformações ocorridas na fotossíntese artificial, pode mobilizar conhecimentos anteriores relacionados à fotossíntese natural, aperfeiçoando assim a **Competência Geral 2**. Essa prática também favorece o desenvolvimento da habilidade

EDIÇÃO PROVISÓRIA

EM13CNT101, levando os estudantes a relacionar natureza, trabalho e inovação e estimulando-os a refletir sobre as inovações tecnológicas do mundo contemporâneo.

Finalmente, para realizar a discussão sobre Biomimética, comece com a explicação do significado dessa palavra com base em sua etimologia: *bios* significa "vida" e "mimética" deriva de "mimetismo", que significa "imitar". Pode ser que os estudantes tenham pouco conhecimento sobre esse campo da Ciência. Para defini-lo e discutir suas aplicações, proponha uma pesquisa em sala de aula. Você também pode sugerir a leitura da reportagem "Biomimética: copiar a natureza pode gerar bilhões em novos negócios", de Di Domenico para a revista *Você S/A*, indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Para a socialização do que foi compreendido por meio das pesquisas, pode-se utilizar uma metodologia ativa de discussão chamada "aquário" (em inglês, *fishbowl*). Para isso, forme um círculo interno com cadeiras, de 5 a 8 lugares, e disponha as demais cadeiras em volta. A conversa tem início no círculo interno, e seus ocupantes devem começar o debate. Deve-se deixar um lugar vazio nesse círculo menor. Se alguém do círculo externo achar que pode contribuir, deve levantar-se e sentar-se nesse lugar, então uma pessoa do círculo interno deve ocupar a cadeira que ficou vazia no círculo externo. Essa é uma ferramenta democrática de diálogo, em que a escuta e o silêncio também são importantes, bem como ceder o lugar de fala. Essa prática auxilia no desenvolvimento da **Competência Geral 4**, que trata da comunicação. As **Competências Gerais 2 e 7** também são trabalhadas, tendo em vista que os estudantes devem utilizar do conhecimento adquirido para construir suas falas e defender suas posições. É importante que, ao final dessa discussão, eles compreendam a relevância de entender processos químicos, físicos e biológicos, presentes nos seres vivos e no ambiente, para o desenvolvimento de novas tecnologias. Reforce o fato de que pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento (arquitetos, engenheiros, *designers*, médicos, biólogos, entre outros) apropriam-se da Biomimética para aprimorar e inovar produtos ou solucionar problemas da sociedade, inspirando-se nos processos e nas estratégias dispostos na natureza e imitando-os. Alguns exemplos clássicos de aplicações biomiméticas, que certamente os estudantes conhecem e já utilizaram, não podem deixar de ser citados, como a invenção do velcro – inspirado no modo pelo qual o carrapicho gruda na roupa e nos pelos de animais – e o desenvolvimento das telas de LED – inspiradas na estrutura dos olhos de mosquitos. Ao ler a legenda e refletir sobre o tema, os estudantes trabalham as habilidades **EM13CNT303** e **EM13CNT309**. Após as discussões, solicite aos estudantes que respondam à questão da abertura. mobilizando assim as **Competências Gerais 4 e 7**.

• Objetivos e avaliação diagnóstica

Trabalhe os objetivos da Unidade e as questões propostos no quadro **Pense nisso!**, como forma de levantamento prévio dos objetos de conhecimento fundamentais a serem abordados nos Temas. Cada uma das questões está relacionada a uma ou mais habilidades do Ensino Fundamental e auxiliará a fazer uma avaliação diagnóstica para o desenvolvimento dos Temas. O professor que realizar essas ações deve compartilhar as informações coletadas com os demais professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para que todos possam orientar o planejamento de um percurso de aprendizagem para os estudantes.

A questão do **Tema 1** busca verificar a compreensão dos estudantes sobre grandezas físicas, já trabalhadas na habilidade **EF08CI04**. Os conhecimentos acerca do consumo de energia por eletrodomésticos e de potência são essenciais para que eles consigam comparar formas de energia e realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de diferentes dispositivos e, assim, analisar as transformações de energia.

A questão do **Tema 2** foca a regulação de temperatura corpórea retomando o conteúdo relativo à habilidade **EF07CI04**. Essa aprendizagem é fundamental, uma vez que o Tema trabalha a importância do equilíbrio termodinâmico para a manutenção da vida, conceito central para compreender como esse equilíbrio ocorre através das transformações energéticas.

Na questão do **Tema 3**, os estudantes devem identificar e reconhecer organelas celulares, principalmente o cloroplasto e sua importância para a realização da fotossíntese e a transformação de energia luminosa em energia química conteúdo trabalhado na habilidade **EF06CI05**. Essa aprendizagem é essencial para o entendimento das transformações químicas que ocorrem em organelas relacionadas ao metabolismo energético, foco do Tema.

A questão do **Tema 4** exige conhecimento prévio da definição de radiação eletromagnética e suas aplicações, conteúdo já trabalhado na habilidade **EF09CI06**, para que outros elementos da Física Quântica possam ser desenvolvidos e aprofundados no Tema.

Na questão do **Tema 5**, os estudantes devem mobilizar conhecimentos acerca das evidências de transformações químicas, conteúdo associado à habilidade **EF06CI02**. Essa aprendizagem é essencial para compreender os processos metabólicos que envolvem reações de oxirredução.

A questão do **Tema 6** retoma o conhecimento dos estudantes sobre fotossíntese e respiração celular, conceitos trabalhados nas habilidades **EF02CI05** e **EF04CI04**. O aprendizado advindo do Ensino Fundamental é essencial para aprofundar esse conteúdo e trabalhar a parte molecular e química das reações de fotossíntese e respiração celular.

Tema 1 - Trabalho e energia

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Analisar as transformações e as conservações de energia para compreender diversas situações do dia a dia.
- Explicar o movimento de corpos na Terra, no Sistema Solar e no Universo considerando a energia potencial gravitacional.
- Analisar questões e elaborar hipóteses por meio do entendimento da transformação e da conservação da energia para obter conclusões relativas a situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.

EDITORIA

Subsídios para o planejamento

Este Tema, que trata de trabalho, energia e modelos de conservação, deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**. Para o trabalho com este Tema, sugerimos o uso da estratégia metodológica sala de aula invertida, de modo que os estudantes sejam motivados a se responsabilizar por seu processo de aprendizagem. Assim, o primeiro passo é fornecer-lhes orientações sobre a dinâmica que será utilizada para a condução das aulas: esclareça que o conteúdo teórico será estudado em casa por meio de leituras do Livro do estudante e outros recursos que serão indicados a seguir. O conteúdo deste Tema será dividido em duas etapas. O tempo em sala de aula será reservado para outros fins, como resolução de exercícios e discussões em dupla ou em grupo, para o enriquecimento e o aprofundamento do conteúdo estudado.

• 1ª etapa: Conceito de trabalho

Para desenvolver esta etapa, oriente os estudantes a realizarem algumas tarefas em casa: 1. Ler os seguintes tópicos do Livro do estudante: **Princípio da conservação da energia**; **Trabalho e energia**; **Trabalho**; **Trabalho realizado por uma força constante**; **Gráfico da força por deslocamento**; **Trabalho da força peso**; **Trabalho da força elástica**; **Potência** e **Rendimento**; 2. Assistir ao vídeo "As leis da conservação", indicado na seção **Fique por dentro**; e 3. Ler o artigo "Frenagem regenerativa" (ROCHA; ALBERTON; OLIVEIRA, 2014), disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Nesse contexto, o acesso e o uso do vídeo para a aprendizagem mobilizam o trabalho com a **Competência Geral 5**.

Oriente os estudantes a se questionarem para verificar seu nível de compreensão acerca da leitura dos textos e do vídeo assistido para favorecer a autoavaliação. Para orientar os estudos, solicite aos estudantes que, ainda em casa e individualmente, respondam no caderno aos seguintes questionamentos: "O que aprendi com o estudo?"; "Quais foram as minhas dificuldades para compreender o conteúdo?"; "O que ainda não consegui compreender totalmente?"; "Qual é a relação do texto 'Frenagem regenerativa' com os conceitos abordados no Livro do estudante?". Adicionalmente, proponha que elaborem no caderno um resumo das principais ideias extraídas das leituras e uma lista de dúvidas.

Em sala de aula, peça aos estudantes que formem duplas e compartilhem suas respostas às questões propostas sobre o estudo realizado em casa e seus resumos. Os integrantes das duplas devem tentar explicar um ao outro o que entenderam. Essa estratégia de trabalho possibilita o desenvolvimento da **Competência Geral 9**, pois, em pares, os estudantes são convidados a discutir entre si e a trabalhar com a elaboração do raciocínio lógico, expondo o pensamento para o colega. Com isso, são valorizados o exercício do respeito mútuo, o diálogo e o acolhimento dos diferentes pontos de vista.

Ainda em duplas, oriente-os a resolver as questões referentes às **Atividades** deste Tema, que versam sobre trabalho e conservações de energia. A resolução dessas questões e a apropriação dos conceitos científicos que as envolvem favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, uma vez que permitem que os estudantes analisem, elaborem hipóteses e obtenham conclusões, tornando-se, assim, capazes de resolver situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica. Com base na resolução das questões apresentadas pelos estudantes, verifique se, de fato, eles compreenderam os conceitos estudados, bem como o desenvolvimento matemático necessário para resolvê-las, além de realizarem a interpretação de texto exigida em cada questão. Nesse caso, também é desenvolvida a habilidade **EM13MAT101**, tendo em vista que estamos propondo a interpretação crítica de situações relativas às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação.

Nesse momento do trabalho em dupla, sua mediação é fundamental no processo de aprendizagem dos estudantes. Assim, procure circular entre as duplas e fique atento para dirimir as prováveis dúvidas, principalmente sobre os conceitos estudados no Tema, dificuldades matemáticas ou até mesmo na compreensão dos exercícios propostos. Procure, sempre que possível, incentivá-los a refletir sobre o que estão questionando e aprendendo.

Por fim, conduza uma roda de conversa propondo uma discussão sobre os principais desafios enfrentados nessa nova configuração de aula. Procure saber o que aprenderam durante as trocas de ideias e as leituras, bem como com a resolução das atividades, e se algo os surpreendeu. Utilize toda essa sequência, desde as primeiras trocas sobre a leitura, como uma forma de avaliação. Fique atento às falas dos estudantes conferindo se realmente eles compreenderam os conceitos trabalhados. Verifique também se ainda restam dúvidas.

Durante o primeiro tópico, **Princípio da conservação da energia**, pergunte aos estudantes quais são os tipos de energia que eles conhecem e quais são suas diversas fontes. Peça a eles que mencionem exemplos cotidianos de formas pelas quais um tipo de energia pode se transformar em outro tipo. Entre elas, podem ser citadas: a energia elétrica, que chega até o ventilador da sala de aula e é convertida em energia mecânica, resultando no movimento das pás do ventilador; a energia química de um alimento que consumimos, que se transforma em energia cinética quando nos movimentamos; a energia química de pilhas ou baterias, que se converte em energia elétrica e depois em energia mecânica, ao impulsionar um brinquedo, ou na energia luminosa de uma lanterna; a energia solar, que chega à Terra e se converte em energia térmica ao elevar a temperatura de um corpo; a energia química, por meio do processo de fotossíntese das plantas; a energia elétrica, obtida por placas solares que absorvem energia luminosa convertendo-a; a energia radioativa de micro-ondas, que se converte em energia térmica que aquece os alimentos. Esse movimento permite que os estudantes desenvolvam a habilidade **EM13CNT101**, incentivando-os a refletir e realizar previsões diante de situações do dia a dia que envolvem a transformação da energia.

Observe atentamente como os estudantes compreendem o conceito de trabalho. Em geral, a ideia de trabalho que usamos no cotidiano é diferente do conceito físico. Por exemplo, se imaginarmos uma pessoa carregando sacos de farinha, socialmente, isso com certeza é um tipo de trabalho, que gera cansaço ao corpo. Entretanto, fisicamente falando, o trabalho realizado nesse tipo de ação é nulo, uma vez que a força dos sacos é perpendicular à direção do deslocamento deles.

Você pode resolver no quadro de giz o exemplo referente ao gráfico da **figura 1.9**, do tópico **Gráfico da força por**

REPRODUÇÃO

deslocamento, do Livro do estudante, explicando detalhadamente o cálculo da área do gráfico, pois é muito comum os estudantes apresentarem dificuldades para realizar esse cálculo. Com isso, poderá trabalhar o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT301**, ao propor à turma que resolva problemas do cotidiano, de Matemática e de outras áreas do conhecimento, que envolvem equações lineares simultâneas, usando técnicas algébricas e gráficas.

Sobre os tópicos **Potência** e **Rendimento**, converse com os estudantes a respeito dos motores de automóveis e como a potência deles influi no rendimento do combustível – quanto maior a força de um motor, maior será o seu consumo de energia, isto é, de combustível.

- **2ª etapa: Conceito de energia**

Nesta etapa, continuaremos utilizando a metodologia da sala de aula invertida. Reoriente os estudantes e, se for necessário, faça adaptações na metodologia de acordo com as dificuldades que eles apresentaram na roda de conversa da etapa anterior. Peça que leiam, no período extraclasse, os seguintes tópicos do Livro do estudante: **Energia**; **Energia cinética e o teorema trabalho-energia cinética**; **Energia potencial**; **Energia potencial gravitacional**; **Energia potencial elástica**; **Energia mecânica**; **Conservação da energia mecânica**; **Energia térmica, calor e energia química**; **Experimento de James Prescott Joule** e **Energia química**. Peça também que assistam ao vídeo do *O mundo de Beakman* "Sabão, energia cinética, motores e borracha", indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, sugerindo que assistam ao trecho a partir dos 11 min 57 s.

Para orientar o trabalho extraclasse, os estudantes deverão produzir um resumo dos pontos principais, tanto do conteúdo do livro quanto do vídeo assistido. Proponha a elaboração de duas perguntas e uma lista de dúvidas sobre o assunto. Em sala de aula, os estudantes farão uma dinâmica semelhante à da Etapa 1, trabalhando com os colegas. Em pequenos grupos, eles deverão discutir as dúvidas, procurando esclarecê-las e, quando for necessário, requisitando a presença do professor para ajudá-los. Em uma folha à parte, deverão reunir todas as perguntas feitas individualmente e elaborar as respectivas respostas, para entregar a você. Esse pode ser um instrumento de acompanhamento da aprendizagem da turma, com a possibilidade de identificar eventuais lacunas em relação aos conteúdos estudados.

Na sequência, os estudantes, ainda em pequenos grupos, deverão resolver as questões ainda não trabalhadas na seção **Atividades**, que estimulam o desenvolvimento de ações em diferentes níveis cognitivos, desde lembrar e compreender uma informação até avaliá-la com o intuito de tomada de decisão, possibilitando o aprimoramento da habilidade **EM13CNT301**. Com base na resolução das questões apresentadas pelos estudantes, deverá ser verificado se, de fato, eles compreenderam os conceitos estudados, bem como a elaboração matemática necessária para resolver as questões, além da interpretação de texto exigida em cada questão. Aqui também prevemos o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT301**, pois os estudantes são instigados a resolver problemas do cotidiano, da Matemática e de outras áreas do conhecimento, que envolvem equações lineares simultâneas, usando técnicas algébricas e gráficas.

Se for possível, leve os estudantes à sala de informática e faça uma atividade com o simulador "Energia na pista de *skate*", sugerido na seção **Fique por dentro**. O simulador permite estudar a conservação da energia mecânica por meio da variação dos parâmetros de um esqueitista em uma pista de *skate*. Possibilita criar caminhos, rampas e saltos e visualizar a energia cinética, a energia potencial e o atrito do movimento. Primeiro, deixe que os estudantes explorem livremente os parâmetros e, em seguida, peça que escrevam no caderno como os parâmetros se relacionam, indicando as situações em que eles observaram isso na simulação. Por exemplo: "Observei que a velocidade aumenta quando a rampa de *skate* é mais alta" ou "Observei que o esqueitista não retorna à altura original quando existe atrito", entre outras hipóteses. A atividade com o simulador favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, porque proporciona a análise de uma situação de transformação e conservação da energia próxima do cotidiano da turma, além de promover o uso de ferramentas digitais com a finalidade de aprender mobilizando a **Competência Geral 5**.

Assim como na etapa anterior, conduza, em uma roda de conversa, uma discussão com os estudantes, perguntando o que aprenderam durante as trocas de ideias, as leituras e a resolução das atividades, se tiveram mais dificuldades nesta etapa ou na etapa anterior e se algo os surpreendeu. Utilize esse momento também como instrumento de avaliação da aprendizagem. Novamente, fique atento às falas dos estudantes, conferindo se, de fato, compreenderam os conceitos trabalhados ou se ainda restam dúvidas.

O tema energia, sobretudo a conservação da energia, é de difícil compreensão pelos estudantes, principalmente por causa das concepções espontâneas geradas na observação despretensiosa do cotidiano. O trabalho de Nascimento, Andrade e Regnier (2016), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, faz um apanhado delas, listadas em dissertações e teses da área de ensino de Ciências. Aqui destacamos os cinco pontos sobre os quais é necessário se manter atento ao trabalhar com o conceito.

1. Energia é uma grandeza do sistema e não de um corpo.
2. São quatro as formas de manifestação da energia que se transformam entre si: a cinética (ligada ao movimento), a potencial (ligada à configuração), a de repouso (ligada à massa relativística) e a de campo (ligada ao campo gravitacional e eletromagnético).
3. Temos acesso apenas à variação da energia, e não ao seu total.
4. A energia é uma função de estado que se modifica por meio da sua relação entre calor e trabalho.
5. É possível a transformação total da energia mecânica em energia térmica. Contudo, o processo inverso, de térmica em mecânica, nunca terá rendimento máximo.

Esses cinco pontos não serão compreensíveis para os estudantes, mas são importantes para o professor se manter atento à definição do conceito que está sendo construído pelos estudantes.

Ao abordar a temática de energia mecânica, proponha o levantamento de alguns exemplos da manifestação da energia mecânica no cotidiano, como: o voo de um avião (energia potencial gravitacional + energia cinética);

PROIBIDA

as montanhas-russas em parques de diversão (energia potencial gravitacional + energia cinética); a energia mecânica em um salto de *bungee jumping* (energia potencial gravitacional + energia potencial elástica + energia cinética). Aproveite os exemplos citados para aprofundar o conceito da conservação da energia mecânica, em que apenas as forças conservativas – força peso e força elástica – atuam no sistema, ou quando o trabalho realizado pelas forças não conservativas – força de atrito, resistência com o ar, entre outras – for nulo. Dê atenção especial ao relacionar a energia potencial gravitacional a um resultado da interação gravitacional do corpo com a Terra, desenvolvendo com isso a habilidade **EM13CNT204**. Se achar necessário, complemente com a resolução do exemplo da **figura 1.25**, mostrando que, em um sistema conservativo, a energia mecânica inicial é igual à energia mecânica final, ou seja, não há variação da energia mecânica.

No tópico **Energia térmica, calor e energia química**, discuta como a energia cinética se relaciona com a energia térmica quando medimos a temperatura de um corpo.

Para ampliar a discussão, proponha aos estudantes que pesquisem qual é a diferença entre o aquecimento de um forno a gás e o de um forno de micro-ondas. Peça-lhes que compartilhem as respostas que encontraram, verificando se eles compreenderam a diferença entre esses tipos de aquecimento.

Com relação ao conceito de calor, retome esse conhecimento já trabalhado no Ensino Fundamental e deixe clara a diferença entre calor e temperatura, uma vez que os dois conceitos são sinônimos no cotidiano. Proponha aos estudantes que diferenciem as formas de troca de calor em razão da diferença de temperatura. Solicite que expliquem o exemplo mencionado no Livro do estudante, **figura 1.27**, que trata da troca de calor em situações cotidianas. Verifique se eles conseguem mencionar outras situações semelhantes, para avaliar se são capazes de generalizar o conceito.

Aproveite os exemplos para mencionar o tópico **Experimento de James Prescott Joule** e peça aos estudantes que verifiquem em quais deles a energia mecânica é convertida em calor, como esfregar as mãos uma na outra, fazendo com que o atrito entre elas promova o aquecimento. Em seguida, peça aos estudantes que procurem outros exemplos em que algum tipo de energia é transformado em energia térmica, como acontece com os chuveiros, o ferro de passar roupas, a prancha de alisar cabelos, entre outros.

Por fim, para abordar a energia química, recapitule alguns exemplos apresentados no tópico **Princípio de conservação da energia** para discutir de que formas ela pode ser transformada em outro tipo de energia – mecânica, elétrica, térmica, entre outras – e retome o exemplo de pilhas e baterias, cuja energia química é convertida em energia elétrica, bem como o da energia química dos alimentos que consumimos, que é convertida em energia mecânica.

Finalize as duas etapas fazendo um resumo do Tema e propondo aos estudantes a elaboração de um mapa conceitual sobre o que foi trabalhado.

Nesse momento, utilize a rotina de pensamento para auxiliar os estudantes a organizar a compreensão sobre os conceitos que envolvem trabalho e energia e a criar um mapa conceitual. A rotina chama-se "Gerar, classificar, conectar, elaborar: mapas conceituais" (em inglês: *Generate, Sort, Connect, Elaborate: Concept Maps*). Para isso, oriente os estudantes a seguirem estes passos:

- Liste ideias, palavras, termos, conceitos e pensamentos que estejam relacionados ao conceito de trabalho e energia.
- Organize sua lista de acordo com a importância que você acha que esses tópicos têm. Coloque as ideias mais importantes perto do centro da página e as ideias menos importantes mais para fora da página.
- Associe as ideias, as palavras, os termos, os conceitos e os pensamentos desenhando linhas de conexão entre aqueles que você acha que têm algo em comum. Escreva em uma frase curta o que levou você a fazer essa conexão.
- Reelabore seu mapa, a qualquer momento, adicionando novas ideias, palavras, termos, conceitos e pensamentos que ampliam, estendem ou acrescentam algo ao conceito de gravitação.

Embora os mapas sejam representações individuais dos estudantes, avalie-os quanto à presença de alguns termos, que podem ser considerados centrais no conceito de trabalho e energia, como trabalho, força, deslocamento, energia mecânica, energia térmica, energia química, conservação da energia, potência e rendimento, entre outros, prestando atenção também na maneira como as ideias são conectadas e relacionadas. No final, peça a alguns estudantes que mostrem seus mapas conceituais. Se sentir dificuldade em orientar os estudantes, o artigo disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* de Aguiar e Correia (2013) poderá lhe servir de auxílio; nele são apresentados os conceitos centrais na elaboração de mapas conceituais, propostas de treinamento e exemplos do que são considerados bons mapas.

Após a apresentação dos mapas e breve discussão sobre os conceitos aprendidos no desenvolvimento deste Tema, proponha aos estudantes que realizem a autoavaliação proposta pela seção **Reflita sobre seu aprendizado!** Na conversa que precede a autoavaliação, relembre-os como os assuntos foram trabalhados ao longo das aulas para ajudá-los a reconhecer as habilidades e as competências desenvolvidas. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como a reflexão contínua sobre o próprio desenvolvimento e sobre as metas e os objetivos, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**.

Ao finalizar o Tema, sugira a atividade descrita na seção *Atividade complementar,* cujo objetivo é incentivar os estudantes a desenvolver a competência da comunicação, expondo suas aprendizagens acerca das transformações de energia. Em grupos de até três integrantes, eles deverão montar e executar um experimento que aborde a transformação de energia, além de elaborar um diagrama dessa transformação.

A escolha dos experimentos a serem recriados deve ser feita pelos estudantes, que deverão ter autonomia não apenas para a escolha, como também para reelaborar, adaptar, substituir materiais, incrementar a proposta, entre outras variações possíveis. Nessa ação, os estudantes são colocados como protagonistas do próprio aprendizado, ampliando sua autonomia por meio do exercício do diálogo e da cooperação entre os integrantes do grupo, favorecendo, portanto, o desenvolvimento da **Competência Geral 9**.

EM OBRA

O trabalho experimental contribui também para o desenvolvimento das **Competências Gerais 2 e 4** porque envolve a criatividade na resolução de problemas, a investigação científica, bem como a utilização da linguagem científica para a comunicação. Adicionalmente, serão trabalhadas as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**, tendo em vista que os estudantes são convidados a analisar transformações de energia para compreender situações do dia a dia, bem como o desenvolvimento de aplicações desse princípio sob a perspectiva científica. Por fim, essa atividade também contempla a habilidade **EM13CNT302**, uma vez que favorece uma situação de comunicação, para públicos variados, dos resultados de experimentos e análises, elaborando e/ou interpretando um diagrama das transformações de energia, utilizando diferentes linguagens, para promover debates acerca de temas científicos.

Informe os estudantes sobre a existência de experimentos de fácil execução e de baixo custo sobre energia. Proponha que pesquisem e avalie previamente com eles se o experimento atende às expectativas da atividade proposta. Listamos a seguir algumas sugestões, mas esperamos que elas não limitem o trabalho de pesquisa e as demais possibilidades:

- Experiência do curto circuito (energia química, energia elétrica, energia térmica e energia luminosa) – Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZRb0bm8nswM>.
- Aprenda como fazer uma lata adestrada (energia potencial gravitacional, energia potencial elástica e energia cinética) – Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2_E5f-QxskM>.
- Como fazer um barco a vapor (energia térmica e energia cinética) – Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QHcXqpYGJ8M>.
- Como fazer um motor elétrico com um ímã – Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>.
- Como fazer fogo com um comprimido e glicerina (energia química e energia térmica) – Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YNSRLNeMFIA>.

Acessos em: 3 ago. 2020.

No momento em que os estudantes realizarem a primeira etapa da atividade, eles deverão apresentar ao professor três experimentos com os respectivos diagramas. Assim, em conjunto, vocês poderão avaliar o potencial de cada experimento, escolhendo os mais adequados e garantindo que não haja a apresentação de experimentos repetidos ou com dificuldades de execução muito diferentes. Já em relação aos diagramas que serão elaborados pelos estudantes, avaliem se vale a pena criar coletivamente um modelo padrão para toda a turma ou se cada grupo vai elaborar o seu, visando, em todos os casos, garantir as condições para que o diagrama seja um elemento de comunicação científica.

Por fim, na terceira etapa, proponha aos grupos, enquanto estiverem assistindo, que sejam também avaliadores das apresentações. A sugestão é que eles escrevam um parágrafo, avaliando de maneira construtiva cada grupo. No entanto, se houver necessidade, crie uma filipeta de avaliação padrão. Essa atividade, incluindo o momento de avaliação de um grupo pelos outros, também poderá ser usada como um modo de avaliar a compreensão dos estudantes sobre os conteúdos e a aquisição das habilidades e das competências anteriormente descritas.

Atividade complementar

Utilizando experimentos: transformações de energia

Etapa I – Pesquisa sobre experimentos de transformações de energia

Reúnam-se em grupos de até três integrantes, busquem em fontes confiáveis experimentos sobre transformações de energia e selecionem os três que mais lhes chamarem a atenção. Identifiquem qual(is) transformação(ões) de energia ocorre(m) e elaborem um diagrama que explicite a transformação ocorrida e em que momento do experimento ela ocorreu.

Mostrem ao professor os experimentos selecionados e os diagramas construídos. Nesse momento, escolham um dos experimentos, avaliando sua viabilidade em relação à montagem e à execução, e seu potencial para se relacionar com os conteúdos trabalhados ao longo do Tema 1.

Etapa II – Executando o experimento e preparando a apresentação

Após a escolha do experimento que deverá ser apresentado à turma, separem o material necessário para sua montagem e execução. Verifiquem se ele oferece algum risco e tomem as devidas precauções, quando for o caso. Façam a montagem experimental e testem seu funcionamento.

Refaçam o diagrama da etapa anterior para ser exibido com o experimento. Nesse momento, lembrem-se de favorecer a comunicação científica; portanto, esse diagrama deve ser claro, objetivo, ter letras grandes para facilitar a leitura, entre outros aspectos que considerarem relevantes.

Criem um roteiro de apresentação que esclareça os seguintes aspectos: em que momentos acontecerão as explicações; a execução do experimento e a apresentação do diagrama; as tarefas e a apresentação de todos os integrantes do grupo. Nesta etapa, façam um ensaio das apresentações.

Etapa III – Exposição científica

Disponham todos os experimentos em uma bancada ou nas mesas da sala de aula. Ao lado do respectivo experimento, cada grupo deverá colocar o diagrama da transformação de energia. Um a um, cada grupo apresentará o seu experimento e seu diagrama para a turma, relatando o material utilizado, os procedimentos de montagem, a transformação de energia envolvida e a explicação do fenômeno físico.

Os demais colegas e os professores podem fazer perguntas e devem avaliar tanto o experimento e sua execução quanto as explicações. Cada grupo deverá produzir uma avaliação, de um parágrafo, sobre a apresentação dos outros grupos, observando três critérios: o experimento escolhido, a apresentação e a comunicação dos conceitos e o diagrama elaborado. Lembrem-se de ser críticos, mas sempre construtivos, isto é, ajudando os colegas a identificar tanto aspectos que demonstram sua compreensão do tema quanto aqueles que ainda precisam ser mais desenvolvidos.

Tema 2 - Termoquímica

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que o estudante, ao término deste Tema, seja capaz de:

- Relacionar processos termoquímicos e metabolismo de alimentos no organismo.

EM MODERNA

- Descrever aspectos energéticos específicos do tipo de nutriente e relacioná-los às demandas diárias do organismo, em razão da prática de atividades físicas e mentais.
- Explicar a variação de entalpia nos processos endotérmicos e exotérmicos durante as transformações da matéria.
- Calcular a variação de entalpia dos processos físicos e das reações químicas utilizando os valores de entalpia padrão e a lei de Hess.
- Calcular a variação de entalpia de uma reação química a partir das entalpias de rompimento e formação de ligações entre átomos.

Subsídios para o planejamento

Este Tema trata da Termoquímica, associando a energia envolvida nos processos químicos com o metabolismo de alimentos no organismo humano. Dessa forma, deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**.

Uma possibilidade para o trabalho com este Tema é o recurso didático denominado Situações de Estudo (SE), que, segundo Mori e Cunha (2020), trata da problematização do conhecimento dos estudantes para motivá-los a participar ativamente da construção dos conhecimentos científicos. Desse modo, o trabalho está dividido em três etapas:

1. **Problematização:** envolve explicitar o conhecimento prévio dos estudantes, seus primeiros entendimentos sobre determinada problemática. Após a problematização é que eles serão desafiados a adquirir novos conhecimentos.
2. **Primeira elaboração:** compreende o emprego de atividades que resultarão em um primeiro contato do estudante com o conhecimento científico.
3. **Elaboração e compreensão conceitual:** consiste na retomada das questões iniciais para a compreensão conceitual. Ao formular o pensamento conceitual, os estudantes devem compreender novas situações além daquelas apresentadas na problematização.

• Problematização

Organize os estudantes em grupos de cinco integrantes. Em seguida, levante as concepções prévias deles sobre as situações do cotidiano que envolvem a relação entre energia e matéria, como cozinhar, alimentar-se e locomover-se usando meios de transporte. Construa a seguinte problemática, entregando aos estudantes o texto e as questões a seguir, com base no artigo de Mortimer e Amaral (1998):

Todas as formas de vida que conhecemos precisam de energia para sobreviver. A manutenção da vida depende essencialmente da energia vinda do Sol, tendo em vista que, na fotossíntese, as plantas usam energia solar para transformar moléculas simples em alimentos e combustíveis. O corpo humano necessita da energia desses combustíveis para executar suas principais funções, assim como os processos que dependem de energia, por exemplo, o cozimento de alimentos, a locomoção por transportes e a produção industrial. Essa energia provém de combustíveis fósseis, que se originaram também por fotossíntese. Assim, é necessário saber que as reações ocorrem com trocas de energia entre o sistema e o ambiente que o circunda. Além disso, envolvem também aspectos quantitativos, necessários à previsão da quantidade de energia absorvida ou liberada nas reações químicas. Diante disso, respondam às seguintes questões:

1. Por que alguns alimentos são ditos "ricos em energia"?
2. Qual é a semelhança entre os combustíveis necessários ao funcionamento do organismo humano e os combustíveis responsáveis pelo funcionamento de um automóvel, por exemplo?
3. Por que o motor de um automóvel esquenta?
4. O que significa cozinhar um alimento e por que essa prática é importante?
5. Por que utilizamos panelas metálicas para o cozimento dos alimentos?
6. O que significa "medir a temperatura" de algo?
7. Por que o etanol é consumido mais rapidamente nos veículos do que a gasolina?
8. Por que precisamos de energia elétrica, solar ou a gás para esquentar a água do chuveiro durante o inverno?

Dê um tempo para que os estudantes discutam em grupos, explorem suas concepções prévias e construam hipóteses, valorizando o desenvolvimento da **Competência Geral 2**, já que os grupos serão levados a se posicionarem criticamente e a exercitar a curiosidade intelectual sobre o tema em estudo. Espera-se que os estudantes sintam a necessidade de adquirir os conhecimentos científicos necessários para prosseguir.

• Primeira elaboração

Peça aos estudantes que leiam o **Tema 2** no período extraclasse e anotem as ideias principais e as dúvidas. Em sala de aula, inicie o estudo solicitando-lhes que compartilhem suas aprendizagens e dificuldades acerca da leitura. Deixe-os falar livremente, atentando-se aos equívocos para que, no momento da sistematização, você os esclareça.

Em seguida, peça que se reúnam com seus grupos e explique que essa etapa será dividida em cinco tópicos que visam aprimorar e relacionar o conhecimento científico aos conhecimentos do cotidiano. A seguir, sugerem-se as atividades que podem ser desenvolvidas em cada tópico para a compreensão aprofundada do Tema.

• Tópico 1: Calor e temperatura

Estudos sobre a Termoquímica no ensino de Química têm sugerido que, antes de que se proceda a estudos mais complexos, primeiro sejam aprofundados os conceitos de calor e temperatura, já estudados no Ensino Fundamental. Esses conceitos constituem as principais fontes de concepções alternativas dos estudantes e que podem prejudicar os estudos posteriores, caso não tenham sido esclarecidas. Se desejar, consulte o trabalho de Souza e Justi (2011) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, para compreender esses obstáculos. Uma dessas concepções é a de que os estudantes tendem a compreender o calor como uma substância, que é diretamente proporcional à temperatura, e que existem dois tipos de calor, o quente e o frio. Para ajudar na construção do conhecimento científico, sugerem-se neste tópico duas atividades: o funcionamento de um termômetro clínico (como o que usamos em casa) – com base em Mortimer e Amaral (1998) – e as sensações de quente e frio.

MODERNA

Funcionamento de um termômetro clínico

Solicite aos grupos que pesquisem informações sobre termômetros, discutam-nas e, depois, respondam:

- Por que podemos afirmar que um termômetro mede a temperatura de um corpo?

Reserve um tempo para que os grupos troquem ideias para responder à pergunta e, depois, peça-lhes que compartilhem as respostas com a turma. Nesse momento, busque avaliar a compreensão deles em relação ao fenômeno estudado, destacando que, inicialmente, o termômetro encontra-se a uma temperatura mais baixa que a temperatura do corpo humano, mas, após um tempo em contato com este, a temperatuta registrada no termômetro será a mesma do corpo humano. Isso ocorre porque entraram em equilíbrio térmico. Explique que isso só acontece porque houve transferência de energia do corpo para o termômetro. Ou seja, dois corpos em contato tendem a igualar suas temperaturas, havendo transferência de energia do corpo de temperatura mais elevada para o corpo de temperatura mais baixa. Concluindo, existe um processo de transferência de energia entre os corpos e ele acontece sob a forma de calor.

Sensação de quente e frio

Disponibilize sobre uma mesa uma vasilha com água aquecida (morna) e outra com água fria. Atente-se para a temperatura da água; ela deve estar aquecida o suficiente para que o estudante, ao colocar sua mão, sinta a sensação de quente mas sem correr o risco de se queimar. Solicite aos integrantes dos grupos que mergulhem as mãos em uma e depois em outra. Pergunte o que sentiram: qual delas estava quente, qual estava fria. Depois, com o auxílio de um termômetro de laboratório (ou de álcool ou digital), demonstre que os líquidos estão em temperaturas diferentes. Peça aos estudantes que pesquisem o assunto, discutam-no e respondam:

- Por que sentimos sensações quentes/frias ao tocar materiais quentes/frios?

Reserve um tempo para que os grupos respondam e depois peça-lhes que compartilhem as respostas com a turma. Nesse momento, busque avaliar a compreensão deles em relação ao fenômeno, destacando que ambos os líquidos estavam em temperaturas diferentes tanto da temperatura do nosso corpo quanto da temperatura do ambiente. Após o compartilhamento das respostas pelos grupos, sistematize as ideias científicas dos estudantes sobre calor e temperatura. É importante também que os estudantes compreendam esses conceitos do ponto de vista cinético-molecular. Os comentários a seguir podem te ajudar na discussão e na avaliação das compreensões da turma.

A energia interna de um sistema químico é a somatória de todas as formas de energia que o sistema tem: da energia cinética das moléculas (translação, rotação e vibração), da energia potencial associada à interação entre as moléculas e das energias cinética e potencial dos elétrons e dos núcleos presentes nos átomos que formam as moléculas. Dessa forma, a temperatura pode ser associada à energia cinética média de moléculas, átomos ou íons presentes em um sistema. Quanto maior a temperatura, maior o grau de agitação dessas espécies e, portanto, maior a temperatura do sistema. Quando um corpo a uma determinada temperatura entra em contato com outro corpo a uma temperatura mais baixa, parte da energia cinética das partículas do corpo quente é transferida para o de temperatura mais baixa em razão da colisão das espécies químicas entre os dois corpos. Dessa forma, a energia é transferida de um corpo a outro sem que haja transporte de matéria. Esse fluxo de energia é o calor, que é transmitido de átomo a átomo até que os dois corpos atinjam a mesma temperatura, ou seja, o mesmo grau de agitação térmica. No caso do termômetro de mercúrio, se for inserido em um líquido a uma temperatura mais elevada, ele acusará a temperatura do líquido. Isso ocorre porque os choques das partículas do líquido, que têm maior energia térmica, com o bulbo de vidro do termômetro, transferem energia na forma de calor para o vidro, aquecendo-o. As partículas constituintes do vidro passam então a se movimentar com maior energia cinética média e transferem essa energia para o mercúrio líquido, provocando sua dilatação. Quanto maior a temperatura do líquido, mais intensa será a movimentação de suas partículas e, portanto, maior será a dilatação do mercúrio. Dessa forma, podemos dizer que em termos macroscópicos, o termômetro mede a temperatura do líquido. Em termos submicroscópicos, o termômetro mede a quantidade média do movimento das partículas que estão em contato com ele.

- **Tópico 2: Processos endotérmicos e exotérmicos – A energia dos alimentos**

Inicie esse tópico perguntando aos estudantes quais são os alimentos que eles costumam consumir nas suas refeições diárias. Questione se algum deles tem ascendência estrangeira e se eles costumam consumir algum alimento que consideram diferente da culinária típica brasileira. Depois, peça aos grupos que pesquisem alimentos que aumentam o desempenho físico e mental e que registrem a resposta ao seguinte questionamento: "De que forma a alimentação funciona como fonte de energia para os organismos vivos?".

Depois de algum tempo, incentive os grupos a expor as ideias levantadas por eles. Em seguida, mencione que as plantas sintetizam alimento (glicose) a partir de moléculas simples, como CO_2 e H_2O, usando a luz do Sol como fonte de energia. Esses combustíveis podem, depois, ser utilizados no corpo humano para liberar energia necessária à realização de nossas principais atividades. Essa discussão é importante para a promoção da habilidade **EM13CNT101**, tendo em vista que permite estudar as variações de entalpia nos processos que envolvem matéria e energia. Comente também que a fixação do carbono pela fotossíntese em biomassa de plantas pode funcionar como combustível em fábricas e transportes, por exemplo. Verifique a compreensão dos estudantes sobre a absorção de energia na forma de calor (processo endotérmico) e a liberação de energia na forma de calor (processo exotérmico). Frise o uso da palavra "processo", para que eles percebam que calor não é uma propriedade da matéria, mas, sim, um fluxo de energia. Um termo importante a se evitar é o termo "energia química". Prefira a expressão "energias envolvidas nos processos químicos", pois essa terminologia permite que se faça referência às energias potencial, eletrostática e cinética.

Outra discussão que pode ser realizada baseia-se na apresentação das classes de substâncias que são fontes de energia (carboidratos, lipídios e proteínas), na forma como podem ser obtidas por meio da alimentação e como os seres vivos as utilizam para suprir suas necessidades diárias, promovendo assim o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**,

EM OBRA

relacionando os nutrientes às demandas energéticas dos organismos. Além disso, a obesidade é um tema que tem sido objeto de inúmeros estudos e de preocupação de órgãos governamentais, podendo ser também objeto de discussão. Promova o debate com a turma sobre os fatores responsáveis pela obesidade, estabelecendo relação com o atual modo de vida.

Nesses debates também é possível mostrar aos estudantes de que modo organismos heterotróficos como nós, humanos, armazenam energia na forma de compostos organofosfatados, que funcionam como estoques de energia sob a forma de ligações químicas. Para aprofundar os conhecimentos no assunto, utilize o trabalho de Machado e Nome (1999) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

- **Tópico 3: Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio**

O objetivo deste tópico é que os estudantes desenvolvam uma atividade experimental qualitativa e quantitativa sobre a entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio, tendo em vista que é uma experiência de fácil execução e de baixo custo, além de complementar o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**.

Material

- recipientes de isopor usados para manter a temperatura de mamadeiras ou latas de bebidas para a construção de um calorímetro;
- termômetro de álcool ou digital (facilmente obtidos no comércio);
- fermento biológico;
- um frasco de 100 mL de água oxigenada comercial a 10 volumes.

Cuidados: segurança e descarte

Os recipientes de isopor podem ser lavados e reutilizados em outros experimentos. Nas concentrações utilizadas, os resíduos podem ser descartados em pia comum.

Prepare-se!

1. Represente, por meio de uma equação química, a reação de decomposição da água oxigenada.
2. O que é e para que serve um catalisador? Quem é o catalisador nesse procedimento?

Procedimento

- Para a montagem do calorímetro, corte o fundo de um dos recipientes de isopor para usá-lo como tampa de outro recipiente.
- Faça dois furos na tampa, um para a entrada do termômetro e o outro para a liberação de gases durante a reação.
- Adicione ao calorímetro construído um frasco de 100 mL de água oxigenada a 10 volumes, garantindo que o termômetro fique em contato com a água oxigenada.
- Meça exatamente a temperatura inicial do experimento.
- Adicione aproximadamente meia colher de chá de fermento biológico, e tampe rapidamente o calorímetro.
- Agite suavemente para misturar bem e observe cuidadosamente a variação da temperatura, até atingir um valor estabilizado.
- Meça exatamente a temperatura final do experimento (valor máximo observado).

Discuta com seus colegas

1. A que se deve o aumento da temperatura do sistema?
2. Calcule o ΔH aproximado da reação de decomposição do peróxido de hidrogênio.
3. Por que, ao se colocar água oxigenada em uma ferida, observa-se a formação de espuma e borbulhas?

Fonte: BRAATHEN, P. C. *et al.* Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, n. 29, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/10-EEQ-6106.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Resoluções das atividades

Prepare-se!

1. $H_2O_2(l) \longrightarrow H_2O(l) + \frac{1}{2} O_2(g)$
2. Espera-se que os estudantes compreendam que um catalisador diminui a energia de ativação necessária para a reação acontecer e, portanto, aumenta sua velocidade, mas, sem ser consumido durante o processo. Espera-se ainda que reconheçam que o fermento biológico será utilizado nesse experimento com essa finalidade.

Discuta com seus colegas

1. Os estudantes devem perceber que essa reação é uma reação exotérmica e, portanto, transfere calor para a água, cuja temperatura aumenta.
2. Para realizar os cálculos, os estudantes podem utilizar a massa aproximada da água e seu calor específico, já que a solução é muito diluída. Assim, basta usar a expressão $Q = m\,c\,\Delta T$, usando os valores das temperaturas medidas. Como em 100 mL de água oxigenada existem apenas 3 g de H_2O_2 ou 0,088 (usar informação do rótulo do produto), o ΔH (por mol de peróxido de hidrogênio decomposto) da reação será Q/0,088 em kJ mol^{-1}.
3. No sangue humano, há uma enzima chamada catalase, que funciona como catalisador da reação de decomposição da água oxigenada, assim como o fermento biológico nesse experimento. Como a decomposição dessa substância libera gás oxigênio, a efervescência observada é resultado do aumento da velocidade de formação desse gás.

- **Tópico 4: Cálculos de entalpia – Lei de Hess e entalpia padrão**

O objetivo deste tópico é garantir que, concomitantemente ao domínio procedimental dos cálculos apresentados no Livro do estudante, os educandos compreendam os conceitos envolvidos. Além disso, visa promover o desenvolvimento da **Competência Geral 4** – visto que os estudantes utilizarão um modelo matemático associado a uma linguagem específica da Química para compreender fenômenos biogeoquímicos – e da habilidade **EM13CNT201**, que visa ao cálculo da variação de entalpia de reações associadas a ciclos da vida na Terra por meio da entalpia padrão e da lei de Hess, utilizando as representações adequadas, o que se relaciona também com a habilidade **EM13CNT105**. Desse modo, propõe-se que os estudantes trabalhem com algumas transformações comuns na natureza como forma de discutir a aplicabilidade da lei de Hess, como a combustão do carbono grafite que ocorre na natureza no ciclo do carbono. Peça que em grupos os

MODERNA

estudantes realizem a atividade a seguir, que tem como objetivo identificar os processos de transferência de energia em uma parte do ciclo do carbono e calcular a variação de entalpia em uma parte do ciclo do carbono por meio da lei de Hess. Depois, promova uma discussão a partir das respostas deles.

O ciclo do carbono

Atividade

1. Pesquise de onde vem a energia transferida para as vizinhanças durante a combustão completa do etanol de cana-de-açúcar.
2. Pesquise as entalpias padrão para a combustão do etanol e para a produção de etanol a partir da glicose.
3. A partir desses dados e das equações químicas de ambos os processos, proponha uma forma de se calcular o ΔH da fotossíntese.
4. Pesquise os valores do ΔH da fotossíntese.
5. Compare os valores encontrados para a variação de entalpia da fotossíntese com o que vocês calcularam.

Respostas da atividade

1. O etanol de cana-de-açúcar é produzido por meio da fermentação da glicose contida no vegetal, a qual é biossintetizada por meio de uma reação mediada pela transferência de energia por radiação solar. Portanto, a energia associada à combustão do etanol tem contribuições também da radiação solar envolvida no processo de biossíntese da glicose – a precursora do etanol de cana.
2. Combustão completa do etanol: $C_2H_6O(l) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(g)$ $\boldsymbol{\Delta_1 H = -1.367\ kJ\ mol^{-1}}$
   Síntese do etanol a partir da glicose: $C_6H_{12}O_6(s) \longrightarrow 2\,C_2H_6O(l) + 2\,CO_2(g)$ $\boldsymbol{\Delta_2 H = -72\ kJ\ mol^{-1}}$
3. A fotossíntese é representada pela equação química balanceada a seguir:
   $6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6\,O_2(g)$ $\boldsymbol{\Delta_f H = ?}$
   A partir das equações de combustão completa do etanol (1) e da formação de etanol a partir da glicose (2), é possível obter o $\boldsymbol{\Delta_f H}$ por meio da aplicação da lei de Hess:
   (1) $C_2H_6O(l) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(g)$ $\boldsymbol{\Delta_1 H = -1.367\ kJ\ mol^{-1}}$
   (2) $C_6H_{12}O_6(s) \longrightarrow 2\,C_2H_6O(l) + 2\,CO_2(g)$ $\boldsymbol{\Delta_2 H = -72\ kJ\ mol^{-1}}$
   Desejamos, a partir das equações 1 e 2, obter a equação química balanceada que representa a fotossíntese. Como, neste processo, a glicose é um produto e dióxido de carbono e água reagentes, inverteremos ambas as equações e, portanto, os respectivos sinais das variações de entalpia de cada processo.
   (1) $2\,CO_2(g) + 3\,H_2O(g) \longrightarrow C_2H_6O(l) + 3\,O_2(g)$ $\boldsymbol{-\Delta_1 H}$
   (2) $2\,C_2H_6O(l) + 2\,CO_2(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s)$ $\boldsymbol{-\Delta_2 H}$
   Antes de operar por soma as duas novas equações, é preciso que os coeficientes estequiométricos estejam de acordo com os da equação da fotossíntese. Para tal, multiplica-se por 2 a equação 1 e a variação de entalpia a ela associada. Assim:
   (1) $4\,CO_2(g) + 6\,H_2O(g) \longrightarrow 2\,C_2H_6O(l) + 6\,O_2(g)$ $\boldsymbol{-2\Delta_1 H}$
   (2) $2\,C_2H_6O(l) + 2\,CO_2(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s)$ $\boldsymbol{-\Delta_2 H}$
   Somando equações 1 e 2, obtém-se a equação que representa a fotossíntese e, por aplicação da lei de Hess, a soma das variações de entalpia das equações adicionadas equivalerá à variação de entalpia da equação pela soma obtida.

$$
\begin{array}{l}
4\,CO_2(g) + 6\,H_2O(g) \longrightarrow \cancel{2\,C_2H_6O(l)} + 6\,O_2(g) \quad \boldsymbol{-2\Delta_1 H} \\
+\ \cancel{2\,C_2H_6O(l)} + 2\,CO_2(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) \quad \boldsymbol{-\Delta_2 H} \\
\hline
6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6\,O_2(g) \quad \boldsymbol{\Delta_f H = -2\Delta_1 H - \Delta_2 H}
\end{array}
$$

   Inserindo os valores de $\Delta_1 H$ e $\Delta_2 H$:
   $\boldsymbol{\Delta_f H = -2(-1.367\ kJ\ mol^{-1}) - (-72\ kJ\ mol^{-1}) = +2.806\ kJ\ mol^{-1}}$
4. A variação de entalpia da fotossíntese encontrada na literatura é $+2.803\ kJ\ mol^{-1}$.
5. Valores tendem a variar por conta das diferentes formas de obter esta propriedade termodinâmica, tendo, portanto, erros associados quer seja à medida (caso seja um dado experimental), quer seja aos cálculos das entalpias padrão (caso seja um dado teórico).

Informações para a discussão

Se desejar, consulte o texto de Martins *et al*. (2003), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, para discutir com os estudantes a importância do ciclo do carbono e seus impactos no ambiente. Atente-se à realização dos cálculos pelos estudantes, garantindo que eles estejam utilizando os coeficientes estequiométricos, os valores e os sinais de ΔH adequados. Destaque a importância da lei de Hess, visto que alguns processos não podem ter sua variação de entalpia padrão determinada diretamente por não ser possível realizá-los a partir de substâncias nas suas formas elementares. O etanol e a gasolina,

MODERNA

por exemplo, não podem ser formados pela combinação de C(graf), H_2(g) e O_2(g).

- **Tópico 5: Energia de ligações e interações intermoleculares**

Este tópico visa aprimorar a compreensão dos estudantes sobre a interpretação atômico-molecular dos processos endotérmicos e exotérmicos e favorecer o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, uma vez que envolve o entendimento e o cálculo da variação de entalpia a partir das energias de ligações. Se desejar se aprofundar nessa compreensão teórica, baseie-se no trabalho de Barros (2009), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Distribua o texto a seguir aos estudantes:

> As máquinas a vapor de água ficaram obsoletas graças à invenção dos motores a combustão. No entanto, por muito tempo essas máquinas foram importantes no processo da Revolução industrial. Discutam e respondam em grupo: De que forma a vaporização e a condensação da água podem gerar energia na forma de trabalho? Dica: pensem em termos de rompimento e formação de interações intermoleculares.

Informações para a discussão

Ao discutir as possíveis respostas com os estudantes, dê o exemplo de um experimento fictício em que se coloca dentro de um balão fechado água líquida. Após a adição de uma fonte de calor, a água vai ferver e entrar em equilíbrio térmico, a 100 °C, com o vapor de água. As duas fases apresentarão então a mesma energia cinética média (os estudantes não costumam entender bem a ideia, por exemplo, de que se água sólida e líquida estiverem em contato, a mesma temperatura de 0 °C, então suas partículas constituintes apresentam a mesma energia cinética média. Por isso, reserve um tempo para realizar essas discussões). No início, a água líquida absorveu energia na forma de calor para romper suas ligações de hidrogênio, aumentando a energia potencial do sistema, e transformar-se em gás; portanto, a vaporização é um processo endotérmico. Ou seja, para romper qualquer ligação química, ou interações intermoleculares, é preciso absorver energia (processo endotérmico), ocorrendo aumento da energia potencial do sistema. Dessa forma, podemos concluir que a água gasosa apresenta maior energia interna que a água líquida. O que ocorre na transição de fase é que a absorção de energia em forma de calor é usada integralmente para aumento da energia potencial do sistema, e não para aumentar a energia cinética média; portanto, as duas fases permanecem à mesma temperatura. A energia absorvida na forma de calor é utilizada para romper a maior parte das ligações de hidrogênio, principais responsáveis por manter a água na fase líquida. Já na condensação, o excesso de energia potencial da água em forma de vapor é transferido para as vizinhanças na forma de calor ou trabalho, levando ao restabelecimento das ligações de hidrogênio. Por isso, a condensação é um processo exotérmico. Na formação de qualquer ligação química ou de interações intermoleculares, o sistema libera energia (processo exotérmico) e há diminuição de sua energia potencial.

- **Elaboração e compreensão conceitual**

Depois de realizadas as discussões com base nas atividades de cada tópico, disponibilize um tempo para que os estudantes reformulem seus pensamentos acerca da problematização e redijam um pequeno texto com as noções aprendidas pelo grupo, reexplicando as questões propostas na problematização com os conceitos aprendidos pela leitura do Livro do estudante e com a discussão conceitual promovida nos tópicos. Ainda, peça que resolvam os exercícios da seção **Atividades** do Livro do estudante em uma folha avulsa, que será entregue a você para que possa avaliar a compreensão deles sobre o Tema. Após a correção, devolva os exercícios aos estudantes com um *feedback* formativo, indicando o que eles precisam melhorar, quais foram os equívocos apresentados e destacando positivamente as aprendizagens adquiridas. Solicite aos estudantes que também utilizem a seção **Reflita sobre seu aprendizado!** para autoavaliar suas compreensões sobre as principais ideias discutidas no Tema. Proponha aos estudantes que revisitem os objetivos da unidade e identifiquem quais são as partes dela que se relacionam ao conteúdo estudado neste Tema. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**. Em conjunto com a autoavaliação dos estudantes, utilize as elaborações deles ao longo de todo o trabalho como forma de avaliar a aprendizagem continuamente, identificando e dirimindo as lacunas de compreensão.

Ao final, peça aos estudantes que apresentem as conclusões do grupo a respeito do que aprenderam durante as aulas sobre o Tema. Cada grupo deverá escolher como tema de estudo e apresentação uma das oito perguntas debatidas durante a *Problematização*. A apresentação deverá ocorrer para o restante da turma com base nas apresentações da competição de divulgação científica FameLab Brasil. Cada grupo terá três minutos para apresentação e deverá explorar os aspectos macroscópicos e submicroscópicos em termos científicos para conduzi-la. Essas apresentações em diferentes linguagens visam à promoção da **Competência Geral 4**. Fique atento para corrigir possíveis equívocos conceituais dos estudantes e fazer uma síntese das principais ideias aprendidas por eles durante o Tema.

Tema 3 – Citologia

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar a célula como unidade morfológica e funcional dos seres vivos.
- Identificar as estruturas comuns a todos os tipos de células.
- Descrever a estrutura das células procarióticas e eucarióticas animais e vegetais.
- Reconhecer a função das organelas celulares.
- Explicar a importância da membrana plasmática na manutenção das condições ideais no meio intracelular e nas trocas com o ambiente.
- Descrever os principais mecanismos de transporte de substâncias através da membrana plasmática, entendendo que são essenciais para a manutenção da vida e que pode haver gasto de energia.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

- Associar informações e situações do cotidiano com os conhecimentos de Citologia.

Subsídios para o planejamento

O Tema 3, que trata de Citologia, deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Biologia.** Sugere-se que o estudo dele seja feito em três etapas.

• 1ª etapa

Inicie a aula apresentando o vídeo "Biodiversidade da Mata Atlântica" (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3hsf5y9lX6w>. Acesso em: 3 ago. 2020). A partir disso, proponha a seguinte reflexão: "Observe a diversidade de animais e plantas mostrada no vídeo e pense que, além deles, há também enorme diversidade de outros grupos de seres vivos, inclusive microscópicos. Todos têm o corpo formado por uma estrutura típica dos seres vivos. Levante hipóteses de qual estrutura poderia ser essa". Instigue os estudantes a compartilharem suas ideias registrando as informações no quadro de giz. Conduza os estudantes a chegarem na hipótese de que todos os seres vivos apresentam estrutura celular (você pode aproveitar para discutir rapidamente a clássica questão de os vírus serem ou não serem seres vivos em face da generalização da condição celular para todos os seres vivos).

Em seguida, exiba o vídeo "Viagem à célula" – Os organismos e suas células (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JEZE9ykJGpg>. Acesso em: 3 ago. 2020). Depois, proponha a seguinte discussão: "Considerando a célula como uma estrutura presente em todos os seres vivos, os diversos organismos mostrados durante o vídeo possuem células diferentes? Explique".

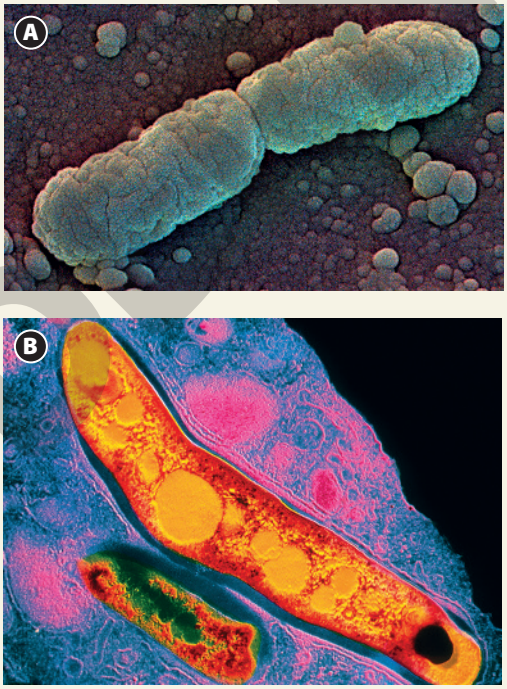
Espera-se que os estudantes comentem que, apesar de serem diferentes, os procariontes e eucariontes possuem uma estrutura básica celular. E os seres vivos que possuem um parentesco evolutivo mais próximo podem possuir tipos celulares mais semelhantes. No vídeo, há o exemplo entre os seres humanos e os cachorros.

Na sequência, apresente a construção histórica dos conhecimentos de Citologia, o que mobiliza a **Competência Geral 1**. Enfatize a importância do desenvolvimento de novas técnicas para o estudo de estruturas que permitiram a compreensão de processos vitais. No século XVI, com o alinhamento de duas lentes em um tubo, feitas pelos holandeses Hans Janssen e Zacharias Janssen, foi possível a visualização de objetos que eram invisíveis a olho nu. No século XVII, o holandês Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) e o inglês Robert Hooke (1635-1702), independentemente, construíram os seus microscópios. Mesmo sendo diferentes, pois o de Leeuwenhoek possuía apenas uma lente e o de Hooke duas, os estudos e publicações feitos acerca das observações com o microscópio possibilitaram o desenvolvimento de uma nova área. Destaque que a Citologia ou Biologia Celular foi se aperfeiçoando com o desenvolvimento de instrumentos que permitiram a observação de estruturas microscópicas. Recomenda-se que sejam trabalhadas as informações sobre os tipos de microscópio mais utilizados para a pesquisa, o seu modo de funcionamento, o aumento e a resolução que eles possuem para a observação de estruturas. No estudo de Legey *et al*. (2012) que avaliou os saberes dos estudantes ingressantes no Ensino Superior em cursos da área biomédica, foi constatado que metade deles nunca havia utilizado um microscópio. Assim, caso a escola não possua microscópios, recomendamos a construção artesanal como apresentado no artigo de Silva *et al.* (2019), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Se considerar pertinente, acesse com os estudantes o *site* da Universidade Federal do Paraná, Célula didática, para explorar alguns tipos de microscópios e acessar imagens de células (disponível em: <http://www.celuladidatica.ufpr.br/microscopio.php>. Acesso em: 4 ago. 2020).

Como a microscopia é uma ferramenta fundamental para a compreensão das células, peça aos estudantes que pesquisem a respeito de microscópio de luz, microscópio eletrônico de transmissão (MET) e microscópio eletrônico de varredura (MEV), e depois proponha a situação a seguir, bem como os questionamentos.

"Para a análise da estrutura interna da célula da bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, um pesquisador precisa escolher no laboratório a melhor técnica de microscopia para esse propósito".

Analise as imagens a seguir e responda às questões abaixo.



Micrografias de *Mycobacterium tuberculosis*.
Imagens obtidas com microscópio e colorizadas artificialmente.
Esse microorganismo possui cerca de 3 µm de comprimento.

1. Qual das duas técnicas de microscopia eletrônica seria a mais adequada para o estudo que o pesquisador deseja realizar?

   Resposta: microscopia eletrônica de transmissão, pois utiliza materiais em cortes, possibilitando a visualização de estruturas internas da célula.

2. Qual das duas imagens a seguir representa células bacterianas observadas com o microscópio citado na questão anterior? Explique.

   *Resposta: a imagem **B**, pois mostra o interior da célula.*

Verifique o entendimento dos estudantes acerca da teoria celular e comente que, no século XIX, os alemães Mathias Scheleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882), no desenvolvimento de um trabalho entre 1837 e 1838 chegaram

EDITORIA

à conclusão de que as células constituíam a base de todos os seres vivos. Essa abordagem favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**, que consiste em analisar e discutir modelos propostos em diferentes épocas e as teorias científicas que são aceitas atualmente. Assim, os estudantes podem valorizar e compreender que o estudo das células foi possível graças ao desenvolvimento de tecnologias que permitiram visualizar estruturas muito pequenas com o aumento da imagem delas. Essa invenção contribuiu para o aprofundamento e a difusão do estudo da citologia. Para o conhecimento e/ou aprofundamento dos aspectos históricos ligados à Teoria Celular, recomenda-se a leitura do livro de Prestes (1997), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Retome os conceitos básicos de Citologia vistos durante o Ensino Fundamental, por meio de um levantamento de conhecimentos prévios no quadro de giz. Pergunte aos estudantes: "Quais são as estruturas que estão presentes em todas células?"; "Quais são os tipos celulares?"; "Quais estruturas estão presentes somente na célula vegetal?"; "Cite algumas organelas e respectivas funções". Peça aos estudantes que verifiquem as estruturas celulares apresentadas nas **figuras 3.1, 3.2** e **3.3**, identificando quais são as estruturas básicas presentes em qualquer célula. São elas: membrana plasmática, citoplasma, ribossomos e material genético (DNA). Aproveite os esquemas dos tipos de células referentes às **figuras 3.2** e **3.3**, e peça aos estudantes que elaborem uma tabela listando as organelas celulares presentes em uma célula vegetal e em uma célula animal. Essa sistematização ajudará os estudantes a perceberem as estruturas que são exclusivas das células vegetais, que são: plasmodesmos, parede celular, cloroplasto e vacúolo.

Após a discussão sobre as funções das organelas celulares, proponha um jogo chamado Bingo celular. Além da possibilidade de mobilizar os conhecimentos teóricos com a prática do jogo, essa atividade promove a integração dos estudantes, através de uma atividade lúdica. Apresente no quadro de giz as seguintes palavras-chave:

CÉLULA – MEMBRANA PLASMÁTICA – CITOPLASMA – NÚCLEO – PAREDE CELULAR – MITOCÔNDRIA – RIBOSSOMO – LISOSSOMO – COMPLEXO GOLGIENSE – RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO GRANULOSO – RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO NÃO GRANULOSO – CLOROPLASTOS – VACÚOLOS – CITOESQUELETO – PROCARIONTES – EUCARIONTES – UNICELULARES – PLURICELULARES ou MULTICELULARES.

Em uma folha, peça para que os estudantes façam as cartelas para o bingo. Cada estudante terá a sua cartela, formada por um quadro dividido em nove partes. Cada estudante deve escolher nove palavras-chaves dentre as apresentadas e preencher uma em cada espaço do quadro, como mostra o modelo a seguir.

Modelo da cartela		
Mitocôndrias	Célula	Ribossomos
Cloroplastos	Lisossomos	Eucariontes
Unicelulares	Complexo Golgiense	Núcleo

Coloque todas as fichas de conceitos em uma caixa.

Conceitos a serem reproduzidos nas fichas

- Unidade morfológica e funcional dos seres vivos.
- Delimita a célula e controla o que dela entra e sai, tendo permeabilidade seletiva.
- Meio onde ficam os ribossomos e o citoesqueleto.
- Estrutura característica dos eucariontes, é um envelope dentro do qual está o material genético.
- Revestimento externo à membrana plasmática, responsável pela manutenção da forma da célula e proteção contra lesões mecânicas. Nas células vegetais é composto principalmente por celulose.
- Responsável pela respiração celular.
- Tem como função a síntese proteica.
- Contém as enzimas responsáveis pela digestão intracelular.
- Tem como funções a modificação, acúmulo e liberação de secreções protéicas. Também produz alguns tipos de polissacarídeos.
- Tem como funções o transporte de substâncias dentro da célula e a síntese proteica. Apresenta ribossomos aderidos à face das membranas voltada para o citosol, o que lhe confere aspecto granular.
- Tem como funções o transporte de substâncias dentro da célula e a síntese de carboidratos, lipídios e esteróides. Mais abundante em células musculares, onde participa da reserva de íons de cálcio, importante na contração muscular; e em células hepáticas, onde participa da degradação do álcool, de drogas e medicamentos ingeridos.
- Responsável pela fotossíntese.
- Atua na capacidade da célula vegetal de controlar a quantidade de água.
- Tem como funções a sustentação e a movimentação celular.
- Seres vivos que possuem nucleoide, região da célula onde está o material genético (DNA).
- Seres vivos que possuem envelope nuclear, ou seja, núcleo organizado.
- Seres vivos constituídos por uma célula.
- Seres vivos constituídos por muitas células.

Inicie o jogo sorteando uma ficha e lendo o conceito, deixando-o visível para consulta. Os estudantes devem conferir em sua cartela se há a palavra-chave correspondente ao conceito que foi lido. Em caso afirmativo, devem assinalar. Quem preencher primeiro toda a cartela, ganha o jogo. Na conferência da cartela preenchida, o professor pede ao vencedor que leia em voz alta as palavras-chave da cartela e os conceitos correspondentes.

Para a conclusão dessa etapa, peça aos estudantes que respondam às questões referentes a esse conteúdo na seção **Atividades**. O desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** é favorecido ao trabalhar a temática de citologia, de forma que os processos de transformação de energia nos seres vivos ocorrem nas células. Nesse sentido, ao estudar as células animal e vegetal, os estudantes entrarão em contato com os níveis de organização celular, bem como com as formas de manifestação de vida.

• 2ª etapa

Inicie esta etapa incentivando a construção dos conhecimentos e da autonomia pelos estudantes, por meio da

MODERNA

estratégia metodológica da sala de aula invertida. Oriente os estudantes para a dinâmica das aulas, em que o conteúdo teórico deverá ser estudado em período extraclasse e o momento da aula será utilizado para tirar dúvidas, realizar práticas orientadas, discussões coletivas e resoluções de exercícios.

Como o foco desta etapa será na constituição, funções e importância da membrana plasmática, oriente a leitura do tópico **Membrana plasmática** do Livro do estudante. Indique também o vídeo "Membrana plasmática – Resumo" (Legendado) (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4lF8XhkiYPc>. Acesso em: 3 ago. 2020). Além disso, forneça um roteiro de estudo, com os seguintes questionamentos:

1. Qual a constituição da membrana plasmática e como isso influencia as funções desenvolvidas por ela?
2. Por que são necessárias trocas de substâncias entre a célula e o meio?
3. A estrutura e a composição da membrana plasmática conferem a propriedade da permeabilidade seletiva. Explique como isso ocorre.
4. Faça uma representação esquemática do modelo do mosaico fluido.
5. Quais os tipos de transporte que ocorrem através da membrana celular?

Em sala de aula, peça aos estudantes que formem grupos para compartilharem suas respostas do roteiro de estudo e elaborarem uma síntese que represente as ideias do grupo sobre os questionamentos. Essa estratégia favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 9**, pois os estudantes exercem o diálogo e o acolhimento de diferentes pontos de vista. Esclareça os conceitos que não foram compreendidos e utilize a **figura 3.4,** presente no Livro do estudante, para destacar as estruturas de composição fosfolipídica e proteica, explicando a permeabilidade seletiva, a fixação de macromoléculas à membrana e a recepção de sinais químicos do meio extracelular transmitidos para o interior da célula. A discussão do modelo do mosaico fluido favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202** ao possibilitar ao estudante o estudo dos níveis de organização celular, bem como as formas de manifestação de vida.

- **3ª etapa**

Nesta etapa, o foco das atividades está no aprofundamento dos tipos de transporte e a discussão de exemplos do cotidiano. É o momento para realização da *Atividade complementar*, para que os estudantes possam visualizar o processo da osmose e exercitar a **Competência Geral 2**.

Com a participação dos estudantes, resgate os tipos de transporte de substâncias (passivos e ativos) vistos no vídeo da etapa anterior. Utilize a **figura 3.6** para explicar os tipos de íons e moléculas que podem atravessar ou não a bicamada fosfolipídica. Enfatize a importância das proteínas na facilitação dessas trocas, a diferença de concentração de íons e moléculas que estão dentro e fora da célula, e os processos de transporte com ou sem gasto de energia.

Mostre aos estudantes a **figura 3.7,** que aborda a difusão simples, e apresente um exemplo essencial para a nossa sobrevivência que é o transporte de gás oxigênio e gás carbônico para dentro e para fora da célula, respectivamente.

Em seguida, apresente a difusão facilitada, utilizando a **figura 3.8** para indicar os tipos de proteínas que facilitam esse tipo de transporte. Por meio das **figuras 3.9 e 3.10**, dê exemplos de osmose em célula animal e vegetal, respectivamente.

Para melhorar a compreensão sobre soluções isotônicas, hipotônicas e hipertônicas, apresente o vídeo do "Khan Academy" (disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/membranes-and-transport/diffusion-and-osmosis/v/hypotonic-isotonic-and-hypertonic-solutions-tonicity>. Acesso em: 3 ago. 2020).

Utilize também o vídeo da seção **Fique por dentro,** que possui uma animação ilustrando o processo de transporte ativo e faz a revisão dos principais conceitos que envolvem o transporte passivo, além de promover a mobilização da **Competência Geral 5**. Mostre a representação esquemática do transporte de sódio e potássio presentes nas **figuras 3.11** e **3.12**.

Realize a resolução dos exercícios de 4 a 10, relacionando os conhecimentos aprendidos em sala com situações do cotidiano, como a ocorrência de sais no sangue, a fibrose cística e a possibilidade de um náufrago ingerir a água do mar tentando a sobrevivência, o que pode causar sua morte.

Finalize com a rotina de pensamento *Think Pair Share* (Pense e Compartilhe em Pares). Os estudantes devem fazer um trabalho metacognitivo, individualmente, respondendo em seus cadernos as seguintes perguntas: "O que eu aprendi com o estudo de Citologia?"; "Quais foram as minhas dificuldades para a compreensão do conteúdo?"; "O que ainda não consegui assimilar?". Peça aos estudantes que formem duplas e compartilhem suas respostas. Procure compreender as dificuldades que ainda persistem e trace novas estratégias para saná-las. Por fim, apresente as orientações do quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, incentivando o processo de autoavaliação dos conhecimentos construídos e promovendo o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Atividade complementar

Osmose usando ovos

Os ovos possuem sob a casca uma membrana com propriedades semelhantes às da membrana plasmática. Assim, eles são bons materiais para demonstrar a osmose.

Objetivo

- Avaliar o processo da osmose.

Material

- 3 copos transparentes com água de torneira preenchendo até pouco mais da metade do volume de cada copo
- 1 copo com água de torneira preenchendo menos da metade de seu volume
- 3 ovos de galinha crus
- açúcar comum refinado
- corante utilizado em culinária
- 1 colher de sopa

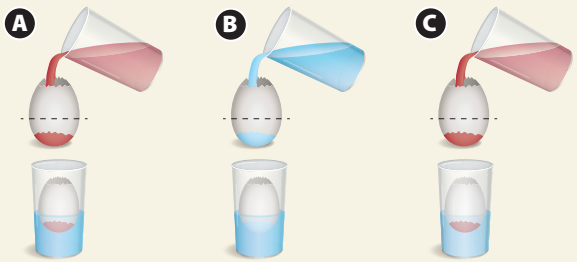
Prepare-se!

- Para a água ou os sais minerais saírem ou entrarem nas células, eles precisam passar por qual(is) estrutura(s)?

MANUAL DO PROFESSOR

Procedimento

1. Pegue o copo com menos água e prepare uma solução saturada de açúcar. Para isso, com a colher de sopa, vá adicionando o açúcar e mexendo até que o açúcar fique acumulado no fundo sem se dissolver mais. Nesse momento a solução está saturada.
2. Acrescente algumas gotas do corante nessa solução saturada.
3. Para cada ovo, realize o seguinte procedimento: com cuidado, quebre a casca pela parte mais estreita do ovo e retire a membrana que fica sob ela; descarte o conteúdo do interior do ovo (clara e gema). Agora, quebre com cuidado a casca do outro lado do ovo, mas sem furar a membrana delicada que fica logo abaixo.
4. Preencha até cerca de $\frac{1}{3}$ do volume de cada ovo da seguinte maneira: no primeiro ovo, **(A)**, coloque a solução saturada de açúcar e algumas gotas de corante; no segundo, **(B)**, apenas água de torneira; e, no terceiro ovo, **(C)**, água de torneira com algumas gotas do corante. Assegure-se de que a quantidade de líquido dentro dos três ovos seja a mesma. Se necessário, ajuste.
5. Coloque cuidadosamente cada ovo dentro de um dos copos com água de modo que fique flutuando.



ERICSSON GUILHERME LUCIANO

Representação esquemática da montagem da atividade. **(A)** Solução saturada de açúcar comum, água de torneira e corante. **(B)** Água de torneira. **(C)** Solução de água de torneira e corante. (Cores-fantasia.)

6. Observe o que acontece com os ovos após alguns minutos e descreva os resultados obtidos.

Discuta com seus colegas

1. O que aconteceu em cada uma das três situações? Explique.
2. Qual é a finalidade de se utilizar o copo com o ovo que continha apenas água? E com a solução de água e corante sem e com açúcar?
3. Qual é a finalidade do corante no experimento?

• Resposta da atividade complementar

Prepare-se!

- Espera-se que os estudantes respondam que as substâncias mencionadas precisam passar pela membrana plasmática.

Discuta com seus colegas

1. O ovo com a solução saturada de açúcar estará, ao final, mais submerso no copo do que estava na situação inicial, pois há entrada, por osmose, de água pela membrana semipermeável da solução menos concentrada (água do copo) para a mais concentrada (interior do ovo). Nas outras duas situações, os ovos vão se manter na mesma profundidade inicial e, no caso do ovo com água colorida, o corante não passará para a água, pois não se espera que ocorra tingimento da água do copo; além disso, o corante também não fez com que a água entrasse dentro do ovo, indicando que não interfere na concentração osmótica da solução. É importante complementar que, se deixássemos o experimento acontecer por mais tempo (cerca de 24 horas), o corante passaria para a água do copo, pois suas moléculas são pequenas o suficiente para passar através da membrana, mas esse processo é muito lento. Como a ideia é que esse experimento seja mais rápido (cerca de 15 minutos), não dá tempo de o corante tingir a água.
2. A finalidade de usar o ovo contendo apenas água é ter um controle do experimento. O uso dos outros dois copos tem a finalidade de verificar se é o corante ou é o açúcar que determina o processo de osmose.
3. O corante é usado para avaliar se a "membrana" é semipermeável ou permeável. Como a difusão do corante é irrisória, a "membrana" é semipermeável, pois deixa a água passar por osmose.

Tema 4 - Elementos de Física Quântica

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Analisar teorias e leis propostas em diferentes épocas pela Física Clássica e pela Física Quântica para explicar o surgimento da vida e a evolução da Terra e do Universo.
- Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais por meio dos conceitos da dualidade onda-partícula e do princípio da incerteza de Heisenberg.
- Analisar e interpretar questões usando conceitos de Física Quântica para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.

Subsídios para o planejamento

Este Tema deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**, tendo em vista que aborda a origem da Física Quântica, a teoria quântica de Planck, o efeito fotoelétrico, a dualidade onda-partícula, o Princípio da incerteza e o modelo atômico de Bohr.

A Física Quântica, de maneira geral, propõe ao pensamento físico uma mudança de paradigma de ordem lógica e epistemológica. Portanto, o trabalho com os estudantes visa fazê-los reexaminar o pensamento clássico, mostrando pontos em que ele se aproxima e pontos em que ele se afasta do pensamento quântico. É importante esclarecer que a Física Quântica trata do universo de partículas muito pequenas, da ordem de grandeza de um átomo ou menor do que ele, o que torna as aproximações com o mundo clássico muito frágeis, mesmo que feitas por meio de analogias.

Para conduzir este Tema, utilizaremos a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MPs), que parte da premissa da interação dialógica entre professores e estudantes para garantir o compartilhamento de ideias e a significação do conhecimento a ser assimilado na realidade dos estudantes e que, segundo Muenchen e Delizoicov (2014), é caracterizada por:

MODERNA

- **Problematização Inicial:** apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam. Para os autores, a finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do estudante ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.
- **Organização do Conhecimento:** momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.
- **Aplicação do Conhecimento:** momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

Fonte: MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". *Ciência e Educação*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000300617&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 3 ago. 2020.

• Problematização inicial

Inicie a aula perguntando aos estudantes quais são os conhecimentos de Física Quântica (FQ) que eles têm. Há alguns anos, o termo *quântico* tem aparecido aliado a pseudociências. Se o conhecimento dos estudantes derivar disso, é importante ressaltar que essa apropriação é indevida e comentar que isso será esclarecido ao longo dos estudos sobre o assunto. A multiplicidade e o tratamento probabilístico dos estados quânticos são válidos somente para as partículas atômicas ou subatômicas, eles não têm validade para o estado de espírito de uma pessoa nem para ajustar seus pensamentos de acordo com suas vontades, nem qualquer outra coisa relacionada. Em uma coluna de opinião, cujo título é "Quanticamente", o historiador Leandro Karnal faz uma breve apresentação do tema de uma perspectiva não especialista, mas ainda assim crítica (KARNAL, 2020). Se achar viável, proponha a leitura e a discussão desse texto aos estudantes, para aprofundar a percepção deles em relação ao que é a FQ. Ele está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Em seguida, pergunte aos estudantes se eles sabem para que serve a FQ e peça exemplos de materiais do cotidiano produzidos com base nessa área do conhecimento. Possivelmente, alguns deles vão relacionar a FQ a tecnologias mais atuais, como os *smartphones*, as TVs de LCD e plasma, entre outras. Então, sugira que façam uma pesquisa rápida na internet para encontrar outras tecnologias e objetos que eles não tenham mencionado. Peça a eles que troquem ideias com os colegas e façam uma breve síntese no caderno sobre a importância da FQ para o desenvolvimento dessas novas tecnologias – sobretudo da nanotecnologia – e como a revolução tecnológica proporcionada pela FQ mudou a maneira como vivemos hoje. Proponha aos estudantes que façam uma comparação entre os primeiros computadores – da década de 1950 – e os atuais computadores e *notebooks*. Para essa discussão, utilize o vídeo "História: a evolução dos computadores" (PCMARVIE, 2017), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Esses momentos de sondagem inicial auxiliam os estudantes a reconhecerem a importância do assunto a ser trabalhado, bem como a enxergarem as relações desse conhecimento com aspectos cotidianos.

Depois dessa sondagem preliminar e das discussões propostas, apresente o questionamento que deverá dar origem à problematização inicial. Relate aos estudantes a seguinte situação: "A Física Clássica parecia estar consolidada – vinha se estabelecendo ao longo de milhares de anos, desde Aristóteles – e, no final do século XIX, resolvia com excelência uma série de problemas, explicando o mundo real. De onde teria surgido a necessidade de reelaborar as teorias físicas? Quais foram os problemas que deram origem à Física Quântica?".

Em seguida, peça à turma que leia os tópicos **A catástrofe do ultravioleta** e **Dualidade onda-partícula** do Livro do estudante. Além desses, sugira a leitura do texto: "A revolução da Teoria Quântica" (DIEGUEZ, 2016), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Após a leitura, solicite aos estudantes que citem os problemas que deram origem à Física Quântica. Peça-lhes que troquem ideias com um colega e depois faça uma discussão com a turma toda sobre a problematização sugerida, anotando no quadro de giz os problemas que foram levantados. Certifique-se de que ficou esclarecida para os estudantes a impossibilidade de a Física Clássica (FC) explicar, principalmente, o comportamento da radiação do corpo negro e a dualidade onda-partícula.

O levantamento desses problemas e a compreensão daqueles que deram origem à FQ são importantes para reconhecer o caráter histórico do conhecimento científico e desenvolver a **Competência Geral 1**. Além disso, a análise de teorias e leis propostas em diferentes épocas pela FC e pela FQ é relevante para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**.

Após as provocações e as inquietações do primeiro momento pedagógico, em que os conhecimentos prévios e a curiosidade dos estudantes foram mobilizados, inicie o desenvolvimento do segundo momento pedagógico, preparando-os para a resolução do problema lançado.

• Organização do conhecimento

Nesse momento, os estudantes deverão conhecer como as teorias da FQ passaram a explicar: i) o comportamento da radiação de corpo negro e ii) a natureza dual, onda-partícula, da matéria.

Para que os estudantes entendam o comportamento da radiação de corpo negro, proponha a leitura dos tópicos **Hipótese quântica de Planck** e **Efeito fotoelétrico** do Livro do estudante. Peça a eles que anotem no caderno os principais pontos e promova uma discussão fazendo uma síntese no quadro de giz, dirimindo as dúvidas sobre os elementos que não tenham sido compreendidos durante a leitura.

Quando estiverem falando sobre a hipótese quântica de Planck, proponha que releiam juntos a resolução do exemplo de uma emissora de rádio apresentado no tópico. Explique

MANUAL DO PROFESSOR

a relação da frequência com a energia e o número de fótons emitidos. O mais importante é que fique clara a proposta de Planck: a energia existe somente como múltiplos dos quanta.

Para abordar o efeito fotoelétrico, comente as principais aplicações na tecnologia, como a iluminação pública, os sensores de presença, os aparelhos de controle remoto, entre outros. Se julgar pertinente, explique a resolução do exemplo apresentado no tópico lido, em que se pede o cálculo da frequência de corte, da energia dos fótons incidentes e da energia cinética máxima dos fótons emitidos por uma lâmina de alumínio.

Pode-se sugerir aos estudantes que procurem na internet a diferença entre a energia gerada pelo efeito fotoelétrico e a gerada pelo efeito fotovoltaico. Proponha uma discussão em sala de aula, por meio da qual expliquem as diferenças entre elas com base no que pesquisaram. Faça no quadro de giz uma síntese das diferenças apontadas pela turma. Nesse caso, é importante ressaltar para os estudantes que se trata de processos parecidos, que já chegaram a ser confundidos pelos próprios cientistas, mas que foram descobertos de maneiras diferentes e também apresentam diferenças na geração de energia.

Em seguida, apresente a seguinte questão: "Segundo o que vocês já viram da teoria quântica, qual é a relação entre energia e matéria?". Peça aos estudantes que respondam primeiro individualmente e, depois, troquem ideias com os colegas. O objetivo dessa pergunta é levá-los a organizar o conhecimento estudado e a definir energia e matéria usando conceitos próprios da FQ. As discussões sobre a quantização da energia e o efeito fotoelétrico são importantes para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois os estudantes são levados a utilizar os conceitos da FQ para elaborar conclusões sobre situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.

Para trabalhar a natureza dual onda-partícula da matéria, sugira a leitura dos tópicos **Princípio da incerteza** e **Modelo de Bohr** do Livro do estudante. Se for viável, exiba o vídeo do Grupo Modulação (2017) "Física Quântica (Dr. Quantum) Fenda Dupla", indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, que oportuniza a compreensão da dualidade onda-partícula e do experimento de Dupla Fenda, realizado por Young por volta do ano de 1801. Peça aos estudantes que anotem no caderno os pontos principais e, em seguida, discutam em duplas. Por fim, proponha uma discussão coletiva e faça uma síntese sobre o assunto no quadro de giz.

Durante a discussão, é interessante enfatizar que a influência da indeterminação do fóton quanto a sua quantidade de movimento e posição nas interpretações do universo subatômico fez com que a Ciência deixasse de ser determinista para ser probabilística, assim como explicar a produção de luz por lâmpadas fluorescentes e incandescentes. Apresente aos estudantes o vídeo do canal Integrando Conhecimento (2018) "Como funciona TV de tubo, LCD, plasma, LED e OLED", indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, e proponha que discutam a relação da Física Quântica com a evolução das TVs e a diferença entre os diversos tipos de TV em razão de seus princípios de funcionamento.

As discussões sobre o modelo atômico de Bohr e o princípio da incerteza são importantes para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205**, pois a compreensão dessas teorias e desses conceitos é necessária para interpretar resultados e realizar previsões e experimentos que envolvem os conceitos da dualidade onda-partícula e do princípio da incerteza de Heisenberg.

Após essas discussões, peça aos estudantes que façam uma retomada do que foi discutido elaborando uma síntese ou um mapa conceitual. Os principais pontos a serem verificados na compreensão dos estudantes são: as limitações da FC diante do comportamento da luz – o nascimento da FQ; a emissão de radiação por pacotes de energia; a capacidade que determinada frequência de radiação tem de arrancar elétrons de determinado material; e a indeterminação da posição do elétron ou de sua quantidade de movimento como consequência de a Física Moderna se transformar em uma Ciência probabilística. Esse momento pode servir como uma etapa do processo avaliativo, visando compreender as habilidades alcançadas, a compreensão dos conceitos discutidos, bem como a capacidade de síntese dos estudantes.

Nessa etapa, é importante que os estudantes consigam estabelecer mais relações entre seus conhecimentos prévios e os novos conhecimentos aprendidos.

- **Aplicação do conhecimento**

Nesse momento, sugerimos quatro atividades diferentes para que os estudantes apliquem os conhecimentos construídos anteriormente e, assim, consigam melhorar e ampliar o entendimento sobre FQ, além de sanar as possíveis dúvidas. Utilize essas atividades para avaliar a aprendizagem dos estudantes e identificar as dificuldades e a evolução de cada um.

Atividade 1

Peça aos estudantes que, em duplas, resolvam os exercícios propostos na seção **Atividades** do Livro do estudante. Circule entre as duplas verificando as dúvidas e a compreensão dos enunciados e dos conceitos utilizados para resolver os exercícios.

Atividade 2

Peça aos estudantes que explorem o simulador "Efeito fotoelétrico", indicado na seção **Fique por dentro**, no qual há uma sugestão de atividade que visa aprofundar as relações das grandezas envolvidas, como forma de aplicar o conhecimento estudado. Nesse caso, reserve antecipadamente o laboratório de informática e peça que trabalhem em duplas, realizando os cálculos e os procedimentos experimentais descritos. Se na escola não houver laboratório de informática, faça essa atividade de forma demonstrativa utilizando apenas um computador e um *datashow*.

O objetivo da atividade é explorar as relações entre a frequência da luz incidente e a energia cinética máxima dos elétrons e, a partir disso, encontrar experimentalmente a função trabalho de diferentes metais, bem como sua respectiva frequência de corte. Por meio dessa atividade, é possível desenvolver as habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT301**, tendo em vista que os estudantes trabalham com a interpretação dos resultados de atividades experimentais utilizando o conceito de efeito fotoelétrico e da quantização de Planck. Esses conceitos da FQ permitirão elaborar conclusões relacionadas a situações-problema e desenvolver aplicações do efeito fotoelétrico sob uma perspectiva científica. E, ao trabalhar com uma simulação computacional, essa atividade desenvolve também a **Competência Geral 5**, uma vez que os estudantes utilizarão uma plataforma digital de forma crítica, significativa e reflexiva dentro da prática experimental, neste caso com a finalidade de produzir conhecimentos e resolver problemas.

EM PROPRIA

Antes de iniciar a atividade com o simulador "Efeito fotoelétrico", proponha aos estudantes que respondam as questões a seguir.

Prepare-se!

1. Segundo o efeito fotoelétrico, uma fonte de luz é capaz de arrancar elétrons de uma placa metálica. Quais são as condições para que isso aconteça?
2. Mencione uma situação do dia a dia em que isso acontece.
3. Qual é a relação entre a frequência da luz e a facilidade em arrancar elétrons de uma placa metálica?
4. Qual é a relação entre a intensidade da luz e a facilidade em arrancar elétrons de uma placa metálica?
5. Como você poderia determinar experimentalmente a função trabalho e a frequência de corte de determinado material?

Discuta coletivamente as respostas procurando reconhecer a maneira como os estudantes estão organizando o conhecimento e verificando se ainda resta alguma lacuna em relação à aprendizagem do conceito "efeito fotoelétrico". Então, proponha que realizem os procedimentos a seguir.

Procedimentos

- Abra o simulador "Efeito fotoelétrico" em um computador ou *tablet*, preferencialmente. Todos os dados calculados nessa etapa devem ser registrados na tabela a seguir.
- Explore as variáveis do simulador, como frequência emitida, intensidade de luz emitida, tensão elétrica e material irradiado. Atente para a maneira como estas se relacionam.
- Para cada material, ajuste a intensidade de luz em 100% e o comprimento de onda em tamanho que possibilite a emissão de elétrons do material.
- Em seguida, ajuste a voltagem na bateria para que os elétrons emitidos percorram todo o espaço entre as duas placas, cheguem próximo a outra placa, mas não sejam absorvidos por ela.
- Com os valores de comprimento de onda e voltagem, calcule a função trabalho pela equação de Einstein sobre efeito fotoelétrico, sendo a voltagem a energia cinética máxima do elétron.
- Com esse valor, considerando que a voltagem encontrada na situação descrita é a energia cinética máxima, encontre a função trabalho do metal escolhido.
- Utilizando a equação do efeito fotoelétrico, encontre a frequência de corte. Nesse caso, é quando a $E_{c_{máx}} = 0$, isto é, a frequência mínima para superar o valor da função trabalho e iniciar o movimento dos elétrons. Use o valor da função trabalho encontrada na etapa anterior.
- Ajuste novamente a voltagem para qualquer outro valor que tenha o movimento de elétrons entre as placas para, então, encontrar a frequência de corte.
- Verifique se o valor da frequência de corte encontrado experimentalmente aproxima-se do valor calculado.

Discuta com seus colegas

1. Reescreva no caderno as afirmações a seguir, preenchendo os espaços com as palavras "maior" ou "menor", determinando assim a relação entre as grandezas estudadas por meio do simulador.
   a) Quanto _____ a frequência, maior a energia do elétron emitido.
   b) Quanto maior a intensidade de radiação, _____ a quantidade de elétrons emitidos.
   c) Quanto _____ a tensão elétrica, menor a energia cinética do elétron emitido.
   d) Quanto _____ a função trabalho de um material irradiado, menor a frequência de corte para que o material comece a emitir elétrons.
2. Reproduza a tabela a seguir, em seu caderno, com os valores encontrados para a tensão limite, a função trabalho e a frequência de corte de cada um dos materiais.

Materiais	Tensão mínima (simulador)	Função trabalho (Φ) em eV (calculada)	Frequência de corte (calculada)	Comprimento de onda de corte λ_c	Frequência de corte (simulador)
Sódio					
Zinco					
Cobre					
Platina					
Cálcio					
Magnésio					

MODERNA
MODELO

3. Calcule o erro percentual em relação ao valor da função trabalho considerando os valores teóricos tabelados para os materiais do simulador.

Metal	Função trabalho Φ (eV)
Sódio	2,28
Zinco	4,30
Cobre	4,70
Platina	6,35
Cálcio	2,90
Magnésio	3,68

Fórmula para o cálculo do erro percentual: $E_{\%} = \dfrac{|\text{valor calculado} - \text{valor teórico}|}{\text{valor teórico}} \cdot 100$

A seguir estão algumas respostas ou indicações para a resolução das questões e da atividade como um todo.

Prepare-se!

1. Para que isso aconteça, são necessárias duas condições: a frequência da luz, que, quanto mais alta, mais eficiente em arrancar elétrons; e o material da placa metálica, que determina a função trabalho, que determina quanto de energia é necessário para superar as forças de atração entre o elétron e o átomo.
2. Isso acontece, por exemplo, na iluminação pública, no controle remoto de infravermelho, em equipamentos de visão noturna, alarmes e portas com abertura automática.
3. Quanto maior for a frequência, mais energia cinética poderá ser absorvida pelos elétrons e, portanto, maior será a facilidade em arrancá-los de seus átomos na placa metálica.
4. Quanto maior a intensidade, maior será o número de fótons que a superfície receberá, portanto, maior será o número de elétrons arrancados de seus átomos na placa metálica.
5. Poderiam ser testados diferentes comprimentos de onda sobre uma placa metálica. Com a ajuda de um multímetro (medidor de corrente), pode-se verificar a partir de qual frequência é possível notar o movimento dos elétrons. Sabendo a frequência de corte e considerando que ela representa a situação limite em que a energia cinética máxima dos elétrons vale zero – quando eles começam a se movimentar –, seria possível calcular a função trabalho usando a equação do efeito fotoelétrico.

Discuta com seus colegas

1. **a)** Quanto *maior* a frequência, maior a energia do elétron emitido.
   b) Quanto *maior* a intensidade de radiação, maior a quantidade de elétrons emitidos.
   c) Quanto *menor* a tensão elétrica, menor a energia cinética do elétron emitido.
   d) Quanto *menor* a função trabalho de um material irradiado, menor a frequência de corte para que o material comece a emitir elétrons.
2. Resposta variável. Depende dos valores usados e encontrados no simulador. Veja, a seguir, um exemplo com o zinco:

Materiais	Tensão mínima (simulador) em V	Função trabalho (Φ) (calculada) em eV	Frequência de corte (calculada) em Hz	Comprimento de onda de corte λ_c em nm	Frequência de corte (simulador) em Hz
Zinco	2,40	4,24	$1{,}03 \cdot 10^{15}$	290	$1{,}03 \cdot 10^{15}$

No simulador ajustamos o comprimento de onda em 185 nm. Nesse comprimento, a tensão máxima para que o elétron não seja absorvido pela placa oposta é −2,40 V. Para cada comprimento de onda, você encontrará uma tensão diferente.

Com base no comprimento de onda, calcula-se a frequência pela equação de onda:

$c = \lambda \cdot f$, em que c corresponde à velocidade da luz no vácuo.

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 185 \cdot 10^{-9} \cdot f \Rightarrow \frac{3 \cdot 10^8}{185 \cdot 10^{-9}} = f \therefore f \simeq 1{,}62 \cdot 10^{15}\ \text{Hz}$$

Embora a tensão encontrada tenha sido −2,40 V, o sinal negativo apenas nos indica o sentido da polaridade nas placas e, por isso, não será considerado para fins de cálculo. Assim, para o cálculo da função trabalho, temos:

$E_{c_{máx}} = h \cdot f - \Phi \Rightarrow$

$\Rightarrow 2{,}40 = 4{,}1 \cdot 10^{-15} \cdot 1{,}62 \cdot 10^{15} - \Phi \Rightarrow$

$\Rightarrow 2{,}40 - 6{,}64 = -\Phi \therefore \Phi = 4{,}24$ eV

Calculamos agora a frequência de corte com base no valor da função trabalho. Para isso fazemos $E_{c_{máx}} = 0$:

$E_{c_{máx}} = h \cdot f_{mín} - \Phi \Rightarrow 0 = 4{,}1 \cdot 10^{-15} \cdot f_{mín} - 4{,}24 \Rightarrow$

$\Rightarrow 4{,}24 = 4{,}1 \cdot 10^{-15} \cdot f_{mín} \Rightarrow \dfrac{4{,}24}{4{,}1 \cdot 10^{-15}} = f_{mín}$

$\therefore f_{mín} = 1{,}03 \cdot 10^{15}$ Hz

No simulador, o comprimento de corte encontrado foi 290 nm. Convertendo isso para frequência, usando a relação: $c = \lambda \cdot f$, encontramos

$f_{mín} = 1{,}03 \cdot 10^{15}$ Hz

3. Resposta variável. Usando os valores encontrados no exemplo anterior, temos o seguinte: a função trabalho tabelada do zinco é 4,30 eV, e a função encontrada com o experimento foi 4,24 eV. Nesse caso, o erro percentual é dado por:

$$E_{\%} = \frac{|4{,}24 - 4{,}30|}{4{,}30} \cdot 100 \simeq 1{,}4\%$$

Atividade 3

Peça aos estudantes que, sob as perspectivas da FC e da FQ, respondam individualmente à questão: "Como enxergamos determinado objeto?". Sugira um objeto comum a todos, como uma cadeira, a mesa da sala de aula, um estojo etc.; de preferência que não seja um objeto transparente nem emita luz própria. Solicite que pesquisem no Livro do estudante e na internet e elaborem as respostas no caderno.

No momento de compartilhar com a turma, peça a alguns estudantes que leiam suas respostas e, então, faça uma síntese no quadro de giz, considerando as falas deles. É importante que nelas tenham aparecido alguns aspectos, por exemplo: na FC, as interações moleculares e atômicas não são consideradas, isto é, a explicação para a imagem de um objeto é que a luz incide sobre ele, reflete sobre a superfície de maneira difusa e chega aos nossos olhos. Ao ser iluminado por uma luz branca – que corresponde a junção de todas as frequências do espectro visível –, enxergamos um objeto de determinada cor. Essa cor significa que ele absorveu todas as outras frequências presentes na luz branca, e emitiu apenas a frequência correspondente à cor dele. Por exemplo, um estojo verde teria absorvido todas as demais frequências e refletido a frequência que corresponde à luz verde.

Já na FQ, a luz é considerada uma composição de pacotes de energia que são emitidos por uma fonte. À proporção que certa quantidade de energia é absorvida pelos elétrons dos átomos que formam determinado material, esses elétrons ficam excitados e saltam para níveis de energia mais altos na eletrosfera. A reflexão da luz é um processo, portanto, envolve interações da luz com esses elétrons. Como esse estado excitado não se mantém, o elétron retorna ao seu estado fundamental, emitindo um fóton de luz correspondente à variação de energia entre o estado excitado e o estado fundamental. Ou seja, a interação luz-matéria pode ser interpretada como um processo de transferência de energia, no qual cada cor corresponde a determinada quantidade de energia.

A resolução dessa questão propõe aos estudantes o desafio de lidar com as duas teorias, entendendo os pontos de convergência e os de divergência, visando compreender o processo histórico de construção do conhecimento e o uso de teorias diversas, em diferentes épocas, para explicar o mesmo fenômeno, conforme é desejável para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**.

Ao encerrar essa atividade, proponha um debate com toda a turma, perguntando se a FC deveria ou não ser abandonada após o surgimento das teorias da FQ. O objetivo é levá-los a reconhecer que parte dos fenômenos macro, como a reflexão da luz por um objeto, pode ser explicada pela FC de maneira satisfatória, porém incompleta quando se pretende estudar as interações que acontecem no mundo micro.

Atividade 4

Esta atividade visa à elaboração de um *podcast* pelos estudantes. Para começar, retome a problematização inicial, pedindo-lhes que busquem nas anotações deles quais foram os problemas que deram origem à FQ. Pergunte como a FQ resolveu esses problemas e quais são suas principais diferenças em relação à FC. Anote as ideias principais no quadro de giz e proponha que elaborem individualmente um texto – que servirá de roteiro para a produção do *podcast* – no qual apresentem essas ideias. Verifique a compreensão deles não somente sobre os conceitos, mas se assimilaram como se deu sua evolução historicamente, e observe se mencionam o rompimento que a FQ sugere em relação ao determinismo da FC, reforçando assim o desenvolvimento da **Competência Geral 1**.

Após a elaboração dos textos, oriente a formação de grupos para gravar um *podcast* sobre o assunto, organizando as ideias para privilegiar a comunicação de uma temática científica e trabalhar a **Competência Geral 4**.

Para elaboração do *podcast*, oriente os estudantes nos seguintes quesitos:

- Seleção do tema. Você pode sugerir que o *podcast* trate do tema, de forma mais geral, abordando as mudanças da FQ em relação à FC, e as contribuições da FQ para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade. Pode sugerir também temas mais específicos, organizando os grupos para que falem sobre alguns dos assuntos estudados, como a radiação de corpo negro e o modelo de quantização, o efeito fotoelétrico, o modelo atômico de Bohr, a dualidade onda-partícula, o Princípio da Incerteza, entre outros que tenham se destacado nas aulas. Chame a atenção dos estudantes para a necessidade da realização de uma transposição, isto é, a adequação da linguagem científica – de estudo – ao público em geral, mantendo a correção dos conceitos científicos, mas incorporando exemplos, relações com o cotidiano, analogias, entre outros recursos que julgarem necessários para que sejam compreendidos por alguém que ainda não estudou o assunto.
- Produção de um roteiro com base no texto elaborado anteriormente com as principais ideias do tema em questão.
- Elaboração do *podcast* com tempo mínimo de dois minutos e máximo de cinco minutos. Oriente os estudantes a utilizar câmeras de celulares.
- Edição da gravação por meio de *softwares* gratuitos.
- Apresentação dos *podcasts* elaborados pelos grupos. Se houver interesse por parte dos estudantes, oriente-os a publicar o *podcast* em plataformas gratuitas.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Esta atividade incentiva o desenvolvimento da **Competência Geral 5**, ao promover a compreensão, a utilização e a criação de "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 e produzir conhecimentos".

De modo a dar fechamento aos trabalhos com a temática abordada ao longo de todo o Tema, recorra à seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, propondo aos estudantes que revisitem os objetivos da unidade e identifiquem quais são as partes deles que se relacionam ao conteúdo estudado neste Tema. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**. Em conjunto com a autoavaliação dos estudantes, utilize as elaborações deles ao longo de todo o trabalho como forma de avaliar a aprendizagem continuamente, identificando e dirimindo as lacunas de compreensão.

Tema 5 - Oxirredução

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Compreender quimicamente o metabolismo energético, com ênfase nos estados de oxidação das espécies químicas e nas reações espontâneas de transferência de elétrons.
- Realizar o balanceamento de reações químicas usando os princípios da oxirredução.
- Avaliar, por meio experimental e teórico, a adequação de conjuntos de materiais para participar de reações de oxirredução espontâneas.

Subsídios para o planejamento

O Tema 5 deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**, pois trata de reações de oxirredução espontâneas para a compreensão de processos metabólicos energéticos no organismo dos seres humanos.

Para o desenvolvimento deste Tema, sugere-se usar métodos didáticos do Ensino por Investigação. Essa abordagem envolve: observação, planejamento, levantamento de hipóteses, realização de experimentos ou outras atividades, interpretação de dados, reflexão e construção de explicações de caráter teórico de forma ativa pelos estudantes, proporcionando o desenvolvimento do raciocínio científico. Dessa maneira, o Ensino por Investigação favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 2** e da habilidade **EM13CNT301**, uma vez que leva os estudantes a utilizar a abordagem própria das Ciências para investigar e solucionar uma situação-problema. Além disso, quando trabalhado em grupos, o Ensino por Investigação também permite o desenvolvimento das **Competências Gerais 9 e 10**, pois contribui para que os estudantes discutam e dialoguem de modo cooperativo, exercitando a empatia e a comunicação, incluindo a percepção quanto à importância do esforço e da responsabilidade individual para alcançar as metas estabelecidas pela equipe em cada etapa do trabalho. Dessa forma, é sugerido que o Tema seja desenvolvido por intermédio da seção **Prática investigativa**. Para isso, a prática foi dividida em quatro etapas que envolvem o raciocínio científico, desde a apresentação da situação-problema até sua resolução, além da sistematização dos conhecimentos aprendidos pelos estudantes.

- **1ª etapa**

O primeiro momento da aula consiste em explicar aos estudantes que o Tema será dividido em quatro etapas e será realizado em pequenos grupos. Faça uma breve introdução explicando o objetivo geral: "compreender quimicamente o metabolismo energético com ênfase nos estados de oxidação das espécies químicas e nas reações espontâneas de transferência de elétrons". Esclareça que muitas reações comuns, como a combustão, a corrosão, a fotossíntese, o metabolismo dos alimentos e a extração de metais de minérios, embora estudados em contextos bem diferentes, envolvem reações de oxirredução, que se caracterizam pela transferência de elétrons entre espécies químicas.

Pergunte aos estudantes quais são as frutas que costumam consumir com frequência e qual é a importância desses alimentos para a nutrição humana. Depois, questione se eles costumam guardar esses alimentos, por exemplo, dentro da geladeira, com casca ou sem a casca e por que o fazem dessa maneira. Pergunte-lhes também se consomem as frutas o mais depressa possível ou o suco feito na hora. Esclareça que há muita diferença na constituição dos alimentos e, apesar disso, o escurecimento de frutas, legumes, tubérculos, entre outros, é muito comum no cotidiano e constitui um problema para a indústria alimentícia. Estima-se que em torno de 50% da perda de frutas tropicais no mundo decorre de seu escurecimento. Com base nessa discussão, proponha a seguinte pergunta:

- Quando e como ocorre o escurecimento desses alimentos?

Organize a turma em pequenos grupos de 4 a 5 estudantes, proponha essa situação-problema e peça que leiam e se preparem para a Etapa I da **Prática investigativa**. Verifique se todos entenderam o problema tomando cuidado para não fornecer a solução.

- **2ª etapa**

Nesta etapa, os estudantes devem levantar hipóteses para a resolução do problema, fazer pesquisas no laboratório de informática e realizar a Etapa I da **Prática investigativa**, dando início à construção do conhecimento científico. Nessa atividade desenvolve-se a habilidade **EM13CNT301**, pois é o momento em que os estudantes vão fazer os primeiros questionamentos, elaborar as primeiras hipóteses e fazer previsões, iniciando o desenvolvimento do raciocínio científico para solucionar o problema.

Peça aos estudantes que pesquisem, em seus grupos, o escurecimento de alimentos, principalmente o de frutas, em fontes confiáveis de pesquisa utilizando as plataformas da *Scielo*, do *Google Scholar*, do *Portal da Capes*, da revista *Química Nova na Escola* e da *Revista Pesquisa Fapesp*, entre outras. O momento de seleção de fontes confiáveis e interpretação de textos de divulgação científica sobre a situação-problema favorece o aprimoramento da habilidade **EM13CNT303**. Peça-lhes também que leiam o procedimento, o quadro **Cuidados** e respondam à pergunta 1 sobre a Etapa I do tópico **Prepare-se!** da **Prática investigativa**. Em seguida, discuta as respostas dadas pelos estudantes. Depois disso, leia a lista de material

REPRODUÇÃO

e o passo a passo do procedimento para que os estudantes esclareçam as dúvidas e façam questionamentos.

Nas pesquisas sobre o escurecimento de alimentos, espera-se que os estudantes encontrem explicações variadas sobre a oxidação catalisada por enzimas que leva ao escurecimento dos tecidos vegetais. Eles podem também encontrar o nome de uma dessas enzimas, a polifenoloxidase (PFO). É provável que os estudantes se lembrem do escurecimento de frutas quando expostas ao ar, como é o caso de maçãs e bananas. Eles também podem fazer essa relação com os pregos de ferro, ao lerem o procedimento, e imaginar que a ferrugem é resultado de um processo de natureza semelhante ao do escurecimento dos alimentos.

Ao final dessas primeiras discussões, realize a Etapa I da **Prática investigativa** com a turma. Você pode fazer algumas perguntas para despertar a curiosidade dos estudantes, como: "Por que devemos lixar e lavar os pregos de ferro?"; "O que vocês esperam que aconteça com o prego exposto ao ar?"; "E com o prego fincado na maçã?"; "O que deve acontecer com a fatia da maçã exposta ao ar?"; "Existem formas de inibir o escurecimento da maçã?".

Em relação à última pergunta, você pode sugerir variações do experimento proposto. Peça aos estudantes que cortem três fatias de maçã, as quais ficarão expostas ao ar. A primeira delas ficará simplesmente exposta, como propõe a **Prática investigativa**. Às outras duas eles devem adicionar com um conta-gotas, respectivamente, suco de limão e solução de vitamina C até o completo recobrimento da superfície das fatias. Depois, peça aos estudantes que comparem o escurecimento das fatias de maçã enquanto esperam o resultado da experiência com o prego fincado na maçã (mencionada mais adiante). Após o procedimento, faça algumas perguntas, conforme propôs Carvalho, Lupetti e Fatibello-Filho (2005), texto que pode ser usado para seu aprofundamento e está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico:*

- O que é a PFO (polifenoloxidase) e onde pode ser encontrada? Como ocorre sua atuação no escurecimento de alimentos?
- Como podemos retardar o escurecimento desses alimentos?
- Quais são as vantagens e as desvantagens de utilizar conservantes nos alimentos?
- Por que, nas saladas de frutas, a banana e a maçã não escurecem tão rapidamente como acontece quando expostas ao ar?
- Dê possíveis razões para o fato de alguns alimentos não escurecerem quando cortados e expostos ao ar.

Você pode promover essas discussões com os estudantes, avaliando a compreensão deles sobre o fenômeno. O escurecimento é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos naturalmente existentes nesses alimentos na presença da enzima PFO e do gás oxigênio, formando quinonas. A seguir, essas quinonas ou sofrem reações de polimerização formando pigmentos escuros insolúveis – as melaninas – ou reagem com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando as mesmas melaninas.

A PFO foi descoberta em 1895 em cogumelos, nos quais foi verificada a ocorrência de reações de oxidação de determinados compostos na presença de oxigênio. Essa enzima, presente em algumas bactérias e fungos, nas plantas, em alguns artrópodes e mamíferos, está associada à pigmentação escura nesses organismos. Ela é encontrada em altas concentrações em cogumelos, batatas, pêssegos, maçãs, bananas, mangas, abacates e folhas de café e de chá. Para a prevenção do escurecimento dos alimentos, três fatores podem ajudar bloqueando ou retardando a ação da enzima em seu substrato: a temperatura, a utilização de agentes redutores ou o abaixamento do pH. Dessa forma, podem-se usar substâncias como o ácido cítrico, ascórbico ou málico para retardar a ação da PFO, que tem sua atuação ótima em pH de 6 a 7. Já em meios com pH abaixo de 3, não há nenhuma atividade enzimática. A vitamina C é geralmente utilizada para a prevenção do escurecimento em frutas e vegetais, pois, na presença dela, as quinonas são reduzidas de volta à forma fenólica.

No caso dos pregos de ferro, para que enferrujem, precisam de água e gás oxigênio, e não somente de oxigênio como os estudantes podem pensar. Em um ambiente seco, eles não observarão nenhuma corrosão. Na presença de água, o ferro oxida enquanto a água reduz o hidrogênio e forma íons OH^-. A interação dos íons Fe^{2+} oxidados com os íons hidroxila causa a formação de hidróxido ferroso, que, na presença de alto ou baixo teor de oxigênio, transforma-se nos óxidos Fe_2O_3, H_2O e Fe_3O_4, respectivamente. Esses óxidos, um alaranjado e o outro preto, constituem a ferrugem.

Dentro da maçã, o ácido málico também oxida o ferro a Fe^{2+}. A substância formada, o malato de ferro (II), é azulada e, ao se formar, escurece a polpa da maçã exatamente no local onde o prego foi fincado. Após algum tempo, os estudantes podem observar o aparecimento da ferrugem no prego, indicando que este foi oxidado pela maçã. Nesse momento, é interessante chamar a atenção deles para o fato de que, em um caso, a maçã é oxidada pelo ar, em outro, a maçã oxida o prego de ferro. Dessa forma, como entender essas reações de oxidação? Isso nos leva à 3ª etapa.

• 3ª etapa

Esta etapa visa à sistematização do conhecimento que se iniciou na 2ª etapa. O objetivo é que os estudantes compreendam o que são as reações de oxirredução que observaram, como estas ocorrem, enfatizando as mudanças no número de oxidação, realizem o balanceamento das equações que representam essas reações e entendam a espontaneidade e a reatividade dos materiais com base nos potenciais-padrão de redução, promovendo, assim, o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**.

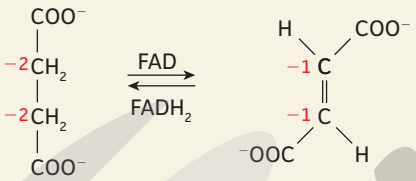
Solicite aos estudantes que façam a leitura deste Tema no Livro do estudante em período extraclasse e anotem as principais ideias e dúvidas para posterior discussão. Essa estratégia favorece a participação ativa dos estudantes na construção do próprio conhecimento. Depois, em sala de aula e de volta aos grupos, peça que discutam quais são as principais ideias sobre o Tema e o que eles ainda não conseguiram entender ou explicar. Essa estratégia procura desenvolver elementos da **Competência Geral 9**, uma vez que, em grupos, os estudantes podem cooperar e valorizar diversas perspectivas. Nesse momento, verifique a postura deles e incentive a participação de todos nas discussões. Você deve motivá-los a pesquisar por conta própria os termos que não entenderam, porém, se os equívocos ou dúvidas persistirem, interfira para esclarecer

MANUAL DO PROFESSOR

e permitir que os estudantes avancem nos estudos. Ao final, proceda a uma discussão com toda a turma.

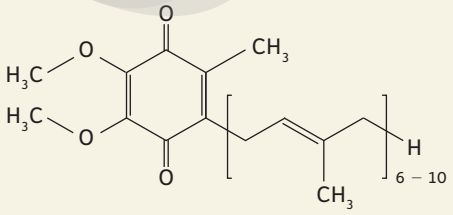
Para contemplar a Etapa II da **Prática investigativa**, sugere-se que primeiro sejam discutidos os tópicos **Número de oxidação** e **Balanceamento das equações químicas de oxirredução**. Depois, realize a Etapa II, e conclua a **Prática investigativa** e, com base nela, discuta o tópico **Reatividade das espécies químicas e espontaneidade das reações**. Os comentários a seguir podem ajudar você a direcionar essa discussão.

Ao trabalhar com o tópico **Número de oxidação**, é interessante ensinar os estudantes a determinar o número de oxidação dos átomos de carbono em compostos orgânicos. Chame a atenção deles para o fato de que a determinação não pode ser feita pela fórmula, pois uma cadeia carbônica pode conter átomos de carbono com Nox diferentes. Para fazer a atribuição, é preciso identificar os átomos de carbono que participam efetivamente da reação e analisar o Nox dos seus ligantes, geralmente o hidrogênio mantém seu Nox em $+1$ e o oxigênio em -2. Quando o átomo de carbono está ligado a um outro do mesmo tipo, não há interferência no Nox, pois os elétrons são compartilhados igualmente entre os átomos. Após essa análise, a determinação do Nox do átomo de carbono é feita pelo recíproco do resultado da soma do Nox dos ligantes. Como exemplo, fazendo a atribuição das espécies envolvidas na reação de oxidação do succinato a fumarato, mostre de que maneira os átomos de carbono centrais têm seus números de oxidação aumentados, passando de Nox $= -2$ para Nox $= -1$, portanto, oxidando.

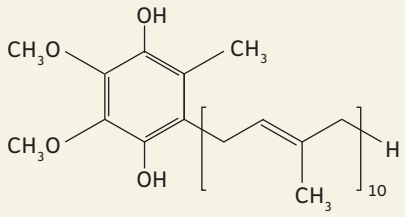


Os átomos de carbono centrais do succinato encontram-se ligados a dois átomos de hidrogênio cada um, somando $+2$, portanto, o Nox dos carbonos é -2 para que o balanço de cargas seja feito. Já no fumarato, os átomos de carbono estão ligados a apenas um átomo de hidrogênio, o que leva a um Nox $= -1$.

A redução da ubiquinona no tópico **Reatividade das espécies químicas e espontaneidade das reações** também pode ser explorada para que os estudantes notem a alteração do Nox nos átomos de carbono, demonstrando a redução dessa espécie.



Ubiquinona: o átomo de carbono ligado ao oxigênio (C═O) apresenta Nox $= +2$.



Ubiquinol: o átomo de carbono ligado à hidroxila (C—OH) apresenta Nox $= +1$.

É interessante mencionar também como a atmosfera terrestre passou de redutora a oxidante e o significado dessas palavras. Uma atmosfera redutora seria escassa em gases oxidantes, como o oxigênio, e rica em compostos que contêm átomos de hidrogênio ou outras substâncias com tendência em transferir elétrons. Portanto, uma atmosfera redutora seria aquela que provoca redução, rica em H_2, CH_4 e NH_3, por exemplo. Peça aos estudantes que observem que, no CH_4, o átomo de carbono está em sua forma mais reduzida possível, apresentando Nox $= -4$, sendo facilmente oxidado a CO ou CO_2, logo, reduzindo outras espécies. Já uma atmosfera oxidante é rica em gases oxidantes, como o O_2 e o O_3. Basta lembrar a turma da experiência com a maçã para demonstrar o caráter oxidante da atmosfera terrestre. Se desejar se aprofundar na evolução da atmosfera terrestre, acesse o texto de Jardim (2001), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Ao trabalhar com o tópico **Balanceamento das equações químicas de oxirredução**, verifique se os estudantes compreendem a necessidade do balanço de elétrons ou se estão seguindo apenas mais um procedimento que não compreendem, no intuito de obter bons resultados na avaliação. Se necessário, escreva as semirreações dos exemplos de reações que aparecem no Livro do estudante para demonstrar o balanço de elétrons. Proceda à realização da Etapa II da **Prática investigativa** somente quando avaliar positivamente a compreensão dos estudantes sobre os dois tópicos anteriores.

Para trabalhar o tópico **Reatividade das espécies químicas e espontaneidade das reações**, proponha agora a realização da Etapa II da **Prática investigativa**. Mais uma vez, peça aos estudantes que leiam todo o procedimento, o quadro **Cuidados** e respondam à pergunta 2 sobre a Etapa II do tópico **Prepare-se!**

Em seguida, discuta as respostas dadas às questões e leia a lista do material (pregos galvanizados e fios de cobre podem ser obtidos em lojas de material de construção) e o passo a passo do procedimento para que os estudantes esclareçam dúvidas e façam questionamentos. Como ampliação do experimento, sugere-se designar grupos para realizar o teste com outros pares de eletrodos, como uma placa de alumínio e fio de cobre. Nesse momento, os estudantes também podem responder sobre os agentes oxidantes e redutores da Etapa I, uma vez que agora têm o conhecimento científico para realizar essa discussão.

Realize o procedimento com os estudantes e peça a eles que respondam às perguntas do tópico **Discuta com seus colegas**, fazendo as discussões posteriores necessárias, conforme indicado no Livro do estudante. É importante que a Etapa II e a discussão das questões da **Prática investigativa** sejam realizadas na 3ª etapa, após o debate dos tópicos **Número de oxidação** e **Balanceamento das equações químicas de oxirredução**. Se

desejar obter uma diferença de potencial (ddp) maior nesse experimento, solicite uma associação em série entre duas ou mais frutas, escolhendo uma escala apropriada no multímetro. Essa modificação no experimento pode ser interessante para discutir o princípio do funcionamento das baterias, que se constituem em associações de pilhas em paralelo ou em série.

Ao final, peça aos estudantes que realizem os exercícios da seção **Atividades** do Livro do estudante para avaliar a compreensão do número de oxidação, do balanceamento de equações de oxirredução e dos demais conceitos trabalhados. Quando observar que eles estão com dificuldades em alguns conceitos, procure ajudá-los. A seguir, são apresentados alguns comentários sobre as principais dificuldades e concepções alternativas apresentadas por estudantes sobre este Tema, que podem ajudar na discussão da teoria com a turma. Se desejar se aprofundar, consulte o trabalho de Goes, Fernandez e Agostinho (2016), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, que apresenta uma revisão das principais concepções alternativas sobre Eletroquímica encontradas na literatura internacional.

Inicialmente, estudiosos têm demonstrado que os estudantes apresentam três principais dificuldades conceituais em relação a este Tema: dificuldade em compreender a oxidação e a redução como reações complementares; dificuldade em identificar os agentes oxidantes e redutores; e a compreensão de que reações redox são definidas como perda e ganho de oxigênio. Dessa forma, reserve um tempo para sanar essas eventuais dificuldades da turma.

Outros estudos também têm mostrado as dificuldades de ensinar este Tema em razão da ampla gama de conceitos-chave que os estudantes precisam ter claros: transferência de elétrons; identificação de agentes redutores e oxidantes; número de oxidação e seus valores; balanceamento das equações redox e força relativa dos agentes oxidantes e redutores. Um importante cuidado adicional a ser tomado é que o conceito de oxirredução em compostos orgânicos, principal foco do Tema, seja uma extensão do conceito abordado em outros compostos, e não apresentado de forma fragmentada, como se fosse outra "disciplina". Deixe evidente que o número de oxidação está intimamente relacionado com o conceito de oxidação e redução e é imprescindível para a identificação e o balanceamento das reações de oxirredução. Tome cuidado para que essas reações não sejam vinculadas à presença de gás oxigênio, uma vez que esse conceito é antigo e restrito a um único tipo de reação. É importante destacar que as reações de oxirredução nesses compostos orgânicos estão envolvidas com o fenômeno da transferência de elétrons e a variação do número de oxidação das espécies químicas (principalmente dos átomos de carbono) nessas reações. Para saber mais das discussões sobre o conceito de oxirredução em compostos orgânicos, consulte o texto de Mendonça, Campos e Jófili (2004), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Evidencie para os estudantes que uma reação de oxirredução envolve a transferência de elétrons entre espécies químicas, na qual ocorre perda de elétrons (oxidação) por uma espécie e ganho de elétrons (redução) por outra, resultando em uma mudança no número de oxidação das espécies envolvidas. Deixe claro que não ocorre uma reação de oxidação ou de redução, os dois processos ocorrem simultaneamente, uma vez que os elétrons recebidos pela espécie que reduz serão cedidos pela espécie que sofre oxidação. A oxidação resulta na perda de um ou mais elétrons por uma espécie química qualquer. Quando ela perde elétrons, diz-se que foi oxidada e seu número de oxidação atinge valores maiores.

Em contrapartida, a redução consiste no processo que resulta em ganho de um ou mais elétrons pela espécie química. Quando uma espécie recebe elétrons, diz-se que ela foi reduzida e seu número de oxidação diminui. O agente oxidante é aquele que oxida outra espécie, portanto é reduzido, e o agente redutor é aquele que reduz a outra espécie, portanto, oxida-se.

Para saber se determinada reação de oxirredução vai ocorrer espontaneamente, é preciso consultar tabelas que contenham os potenciais-padrão de redução (E^o) de cada uma das semirreações envolvidas. Em uma revisão recente, Klein e Braibante (2017) trazem as diferentes abordagens que tratam deste Tema na literatura sobre o ensino de Química. Se desejar, consulte a referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. O texto pode auxiliá-lo a se aprofundar tanto teoricamente no assunto como a obter apoio para realizar outras práticas experimentais ou outras discussões sobre suas dimensões sociais, ambientais, políticas e econômicas.

- **4ª etapa**

Ao final das discussões teóricas em grupo, é preciso que os estudantes façam a sistematização do conhecimento adquirido. Para isso, peça-lhes que, individualmente, redijam um texto que pode conter esquemas, desenhos, equações, tabelas etc. sobre o que aprenderam durante o desenvolvimento das aulas sobre o Tema. Diga a eles que o texto deve conter os seguintes aspectos:

- Quais foram minhas ideias iniciais e hipóteses sobre o problema proposto?
- O que observei no primeiro experimento realizado?
- O que minhas pesquisas e as discussões com o grupo e com a turma revelaram sobre o problema?
- Quais são os conceitos teóricos que aprendi e que são necessários para a explicação da minha observação no primeiro experimento?
- O que eu observei no segundo experimento?
- Quais são os conceitos teóricos que aprendi e que são necessários para a explicação da minha observação no segundo experimento?
- Quais são as dúvidas que ainda tenho sobre este Tema?

Utilize os textos produzidos pelos estudantes para identificar pontos de dificuldade em comum da turma e também para dar um *feedback* individual, ressaltando positivamente os aprendizados e fazendo destaques para o que eles podem acrescentar ou desenvolver mais, além de identificar concepções equivocadas. Forneça explicações para que eles melhorem os textos e adquiram o conhecimento necessário sobre oxirredução.

Ao final, peça aos estudantes que explorem a seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, autoavaliando o conhecimento construído sobre o Tema. A tomada de consciência sobre o que e como aprender somada à definição de metas e estratégias de aprendizagem adequadas favorecem o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 6**. Recomende aos estudantes que utilizem os próprios textos e pensem nas dificuldades que sentiram no processo de sistematização do conhecimento para avaliar a aprendizagem sobre o Tema.

REPRODUÇÃO

Tema 6 – Metabolismo energético

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer as organelas responsáveis pelo metabolismo energético nas plantas e animais.
- Explicar diferentes processos do metabolismo energético das células.
- Reconhecer a importância da energia luminosa do Sol para a vida na Terra.
- Descrever as transformações de energia que ocorrem durante os processos da fotossíntese, da fermentação e da respiração celular.
- Distinguir em quais fases dos processos de fotossíntese, fermentação e respiração celular os recursos como CO_2, O_2 e glicose são utilizados.
- Reconhecer a respiração celular como a principal forma de obtenção de energia pelas células dos organismos.

Subsídios para o planejamento

O Tema 6 deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Biologia** e está divido em três etapas para favorecer o estudante na construção ativa e autônoma do seu conhecimento.

• 1ª etapa

Inicie o estudo do Tema, verificando os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do conteúdo que será abordado e que já foram desenvolvidos no Ensino Fundamental. Para isso, retorne a abertura da Unidade e explore os elementos presentes nas imagens que a compõem. Além da questão referente ao Tema, no quadro **Pense nisso!**, faça outros questionamentos, como: "Qual é a importância do Sol para os seres vivos?"; "Como as plantas e os animais obtêm energia?"; "Qual a importância das plantas na cadeia alimentar?"; "Em que parte da planta ocorre a fotossíntese?"; "Como é uma célula vegetal e quais as organelas presentes nela?"; "Quais são as diferenças entre célula animal e vegetal?"; "Em que organela ocorre a fotossíntese?"; "Você conhece outros seres autótrofos?", entre outras. As respostas a esses questionamentos podem direcionar o trabalho com os conceitos ao longo do Tema. Se julgar necessário, retome os pontos em que os estudantes demonstraram maior dificuldade. Mencione que, apesar da quimiossíntese também ser um processo autotrófico, ela não será abordada nesse tema.

Na sequência, convide um estudante para fazer a leitura em voz alta do texto introdutório do Livro do estudante e, com a participação da turma, anote e relacione no quadro de giz os conceitos mencionados até esse momento. Durante esse exercício, os estudantes apresentam os conceitos gerais sobre o metabolismo energético, como a organela responsável pela transformação de energia e como essa transformação acontece nas plantas, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e **EM13CNT203**.

• 2ª etapa

Essa etapa será baseada na aprendizagem cooperativa, usando o método *jigsaw*. Esse método, segundo Lovato *et al.* (2018), favorece o aprimoramento da capacidade de comunicação e a escrita dos estudantes, que precisam primeiro organizar e aprender determinado conteúdo para, posteriormente, discutir e apresentá-lo de maneira clara e objetiva para seus colegas. O método permite ainda uma participação ativa dos estudantes, que assumem a responsabilidade da própria aprendizagem, além de exercitar o trabalho em equipe com empatia, diálogo e resolução de conflitos de forma cooperativa. Esse método contribui efetivamente para o desenvolvimento das **Competências Gerais 4, 9 e 10**.

Para colocá-lo em prática, peça aos estudantes que formem grupos de quatro integrantes, os quais serão chamados de grupo de base. Solicite a leitura do tópico **Fotossíntese oxígena** do Livro do estudante, e depois peça que discutam e registrem suas ideias sobre a seguinte questão: "Qual é a importância da fotossíntese para a manutenção dos seres vivos?".

Na sequência, em cada grupo de base, distribua a cada integrante um dos seguintes termos relacionados à fotossíntese: pigmentos fotossintetizantes, etapa fotoquímica, etapa química e fluxo de energia nos ecossistemas. Explique aos estudantes que aqueles integrantes (de grupos diferentes) que receberam o mesmo termo devem se reunir, formando um grupo de especialistas. Então, cada grupo especialista irá estudar mais sobre o assunto que lhes foi proposto, desenvolvendo, durante esse processo, elementos fundamentais das **Competências Gerais 9 e 10**, como a valorização de diversas perspectivas e pontos de vista, exercitando, assim, o respeito mútuo e o espírito de coletividade.

Forneça a cada grupo de especialistas alguns questionamentos para guiar a discussão dos conceitos. Além disso, instrua os estudantes a registrarem, em seus cadernos, as informações que consideram relevantes e necessárias para compartilharem com seu grupo de base. O estudo nesse grupo favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e **EM13CNT203**, uma vez que os estudantes irão compreender, em nível molecular, as transferências de energia ocorridas ao longo das etapas da fotossíntese, bem como irão reconhecer a transferência de energia entres os níveis tróficos da cadeia alimentar e o papel da fotossíntese nesse processo. Além das habilidades, também serão mobilizadas as **Competências Gerais 2 e 7**, uma vez que exercitarão a curiosidade intelectual, buscando mais informações sobre o assunto em foco, além de desenvolverem a lógica argumentativa.

Durante o trabalho com os grupos especialistas, fique atento à interação entre os estudantes e incentive-os a pesquisarem mais sobre os termos e conceitos a que estão designados. Caso perceba algum tipo de dificuldade, faça intervenções para esclarecer as dúvidas, de modo que consigam avançar no estudo. É importante que os "especialistas" se sintam confiantes para a próxima etapa, que é retornar ao grupo base e explicar os conceitos que foram mais bem explorados e aprendidos por eles.

- Grupo de especialistas em pigmentos fotossintetizantes

Oriente o grupo a explorar a **figura 6.2**, presente no Livro do estudante. Ela apresenta a importância de cada pigmento na fotossíntese, bem como as taxas de fotossíntese medidas pela quantidade de gás oxigênio liberado em diferentes intervalos de comprimento de onda, o que favorece, além do desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT203**, a habilidade **EM13MAT101**. Nesse momento, é importante que

REPRODUÇÃO

os estudantes entendam que, nos eucariontes fotossintetizantes, esse processo ocorre nos cloroplastos e que os pigmentos absorvem apenas certos comprimentos de onda e refletem os demais, sendo a cor dele determinada pelo comprimento de onda refletido, o que contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**. Dessa forma, eles vão entender, por exemplo, que o pigmento clorofila absorve vários comprimentos de onda, mas reflete os correspondentes ao verde e, por isso, enxergamos a clorofila como um pigmento verde. Peça aos integrantes desse grupo que resolvam os exercícios 7 e 8 da seção **Atividades**, pois estes, além de favorecerem as habilidades mencionadas anteriormente, permitem que os estudantes avaliem o seu aprendizado. Em seguida, oriente-os a analisar a situação apresentada e responder às questões a seguir.

Questões

Um estudante de Biologia montou um experimento para verificar se há relação entre o comprimento de onda da luz e a fotossíntese. Selecionou três plantas envasadas da mesma espécie e idade. Cada uma foi colocada dentro de uma pequena estufa, com condições idênticas de umidade e concentração de gases. Na estufa 1, a planta foi exposta à luz branca; na estufa 2, a planta foi exposta à luz vermelha, com uso de uma lâmpada especial; na estufa 3, a luz emitida pela lâmpada era verde. Depois de alguns dias, o estudante analisou a quantidade de amido armazenado nas folhas das três plantas. Com base nisso, responda:

a) O procedimento de analisar a quantidade de amido nas folhas é válido para avaliar a taxa de fotossíntese? Por quê?

Resposta: O procedimento não é válido, pois a quantidade de amido presente nas folhas corresponde ao material estocado. A atividade fotossintética produziu mais do que isso, pois uma parte obrigatoriamente terá sido usada no metabolismo.

b) Qual pode ter sido a hipótese elaborada pelo estudante antes de montar o experimento?

Resposta: "A quantidade de amido nas folhas varia com o tipo de luz disponível."

c) Se você fosse esse estudante, que resultados esperaria observar? Justifique sua resposta.

Resposta: Esperaria quantidades de amido maiores nas folhas de plantas mantidas em luz branca, intermediárias em luz vermelha e baixas em luz verde. A luz branca combina todas as frequências ou cores e, portanto, tem mais energia do que se selecionarmos apenas uma ou algumas das cores, como o vermelho ou o verde. A estocagem de amido é menor nas plantas sob luz verde, pois a energia correspondente a essa cor é em grande parte refletida pelas folhas verdes, que não têm energia disponível para absorver; com isso, a fotossíntese fica limitada e os estoques de amido tendem a reduzir-se.

- Grupo de especialistas na etapa fotoquímica

Solicite a esse grupo que leia o tópico **Etapa fotoquímica** do Livro do estudante, e explore as **figuras 6.5** e **6.6**. Elas apresentam, respectivamente, como ocorre a fotofosforilação cíclica e acíclica nos fotossistemas presentes nas membranas dos tilacoides dos cloroplastos e detalhes da membrana do tilacoide, mostrando o acoplamento quimiosmótico na fotofosforilação, o que favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e **EM13CNT203**. Em seguida, oriente os integrantes do grupo a responderem aos seguintes questionamentos:

a) Quantos são os fotossistemas e quais são as diferenças entre eles?

Resposta: São dois os fotossistemas que agem na etapa fotoquímica, o fotossistema I, que apresenta o pico ótimo de absorção da luz das clorofias a do centro de reação em 700 nm e o fotossistema II, onde o pico ocorre em 680 nm. Por esse motivo, as clorofilas do centro de reação são chamadas, respectivamente, de P_{700} e P_{680}.

b) Diferenciem os processos de fosforilação cíclica e fosforilação acíclica em termos do fluxo de elétrons e do rendimento energético.

Resposta: A fotofosforilação cíclica envolve somente o fotossistema I, isto é, após as clorofilas P_{700} serem excitadas pela energia da luz, alguns elétrons saem das moléculas e passam para uma molécula receptora primária. Em seguida, esses elétrons são transferidos ao longo de uma cadeia de transporte formada por proteínas que ficam imersas de modo organizado na membrana do tilacoide, liberando energia que é empregada na síntese de ATP. Então, os elétrons retornam ao seu nível energético anterior à excitação luminosa e passam para as moléculas de clorofila do próprio fotossistema I, repondo os elétrons transferidos, sem a participação do fotossistema II, por isso, ela é denominada fosforilação cíclica. O ATP formado é utilizado no ciclo de Calvin-Beson. Já na fotofosforilação acíclica, os dois fotossistemas estão envolvidos, pois os elétrons que saem das clorofilas de um dos fotossistema não retornam para o mesmo fotossistema (por isso é acíclica). A luz promove a excitação das clorofilas P_{680} do fotossistema II e P_{700} do fotossistema I, que liberam elétrons. Os elétrons do fotosistema II são recebidos inicialmente por um receptor primário e, depois, passam por uma cadeia transportadora de elétrons até chegarem às clorofilas P_{700} do fotossistema I, repondo os elétrons perdidos pela excitação da luz. No trajeto entre esses dois fotossistemas, a energia liberada é usada no processo de síntese de ATP. No fotossistema I, os elétrons excitados pela luz saem das moléculas de clorofila e, depois de serem transportados, são transferidos para o $NADP^+$, que, com os prótons (H^+) do meio, forma NADPH.

c) Qual é o papel da água da etapa fotoquímica da fotossíntese?

Resposta: O papel da água é gerar prótons (H^+) e gás oxigênio, com liberação de elétrons no processo de fotofosforilação, por meio da fotólise.

d) O que é acoplamento quimiosmótico? De que maneira a cadeia de transporte de elétrons está relacionada ao acoplamento quimiosmótico e à formação de ATP?

Resposta: É o mecanismo de formação de ATP acoplado ao bombeamento de prótons (H^+) e à difusão deles a favor de seu gradiente de concentração através da ATP sintase.

O movimento dos elétrons ao longo da cadeia de transporte nas membranas do tilacoide promove liberaçao de energia. Essa energia é empregada no bombeamento de prótons (H^+) presentes no estroma do cloroplasto, para dentro do espaço intermembranas. Por meio do canal hidrofílico, os íons H^+ passam e retornam para o estroma a favor do gradiente de concentração. O movimento dos próntons faz com que o complexo ATP sintase gire. A energia liberada no processo é usada na síntese de ATP.

- Grupo de especialistas na etapa química

Solicite a esse grupo que leia o tópico **Etapa química** do Livro do estudante e explore a **figura 6.7**. Ela mostra como ocorre a fixação do carbono presente no CO_2 por meio das reações do ciclo de pentoses ou Calvin-Benson no estroma do cloroplasto, mobilizando as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT202** e

COMENTADA

EM13CNT203. Em seguida, oriente os integrantes do grupo a responderem aos seguintes questionamentos:

a) De que maneira a etapa química está conectada à etapa fotoquímica da fotossíntese?

Resposta: As etapas da fotossíntese se conectam por meio do ATP e do NAPH formados na etapa fotoquímica e que são utilizados na fixação do átomo de carbono presente no gás carbônico (CO_2) para a formação de moléculas de glicídios na etapa química.

b) Como é chamado o ciclo de reações que sintetizam as moléculas de glicídios?

Resposta: O ciclo de reações que sintetizam as moléculas de glicídios é chamado ciclo de Calvin-Benson. Ele acontece no estroma dos cloroplastos.

c) Como ocorre a fixação do carbono do CO_2 na etapa química? Qual é a enzima catalizadora dessa reação?

Resposta: A fixação do carbono do CO_2 no ciclo de Calvin-Benson ocorre pela união desse gás a um composto de cinco átomos de carbono, a ribulose bifosfato, presente no estroma do cloroplasto. Essa reação é catalisada pela ação da enzima rubisco.

d) Quantos ATP e NADPH são usados para fornecer os 6 átomos de carbono necessários para formar uma molécula de glicose?

Resposta: Para as três voltas do ciclo de Calvin-Benson são usados 9 ATP e 6 NADPH, levando à formação de uma molécula de PGAL com 3 átomos de carbono. Assim, para formar a molécula de glicose, são necessárias 6 voltas no ciclo de Calvin, em que são utilizados 18 ATP e 12 NADPH.

- Grupo de especialistas no fluxo de energia nos ecossistemas

Peça a esse grupo que leia o texto introdutório sobre metabolismo energético, presente no Livro do estudante. Em seguida, disponibilize cópias do modelo de fluxo de energia, representado a seguir, para que analisem e relacionem-no com o papel da fotossíntese para a manutenção dos seres vivos, favorecendo, assim, as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT203**.

Oriente os integrantes do grupo a responderem os seguintes questionamentos.

a) Qual a quantidade de energia incorporada pelas plantas? Justifique sua resposta.

Resposta: A quantidade de energia incorporada pelas plantas é de 20.810 kcal m^{-2} ano^{-1}, pois, dos 410.000 que chegam até elas, 389.190 são dissipados na forma de calor durante a fotossíntese.

b) Qual é a quantidade de energia transformada pelas plantas durante os processos metabólicos?

Resposta: A quantidade de transformada pelas plantas (produtor) é de 401.167 kcal m^{-2} ano^{-1} (389.190 + 11.977) durante os processos metabólicos, fotossíntese e respiração.

c) Qual quantidade de energia é disponibilizada para os herbívoros? Toda essa energia é incorporada por eles? Justifique.

Resposta: A quantidade de energia disponibilizada para os herbívoros é de 3.368 kcal m^{-2} ano^{-1}, mas eles incorporam somente 1.478, pois parte dessa energia (1.890) é dissipada na forma de calor durante os processos metabólicos.

d) Quanto da energia disponibilizada para carnívoros, consumidores secundários, é incorporada por eles? E quanto dela é dissipada para o ambiente?

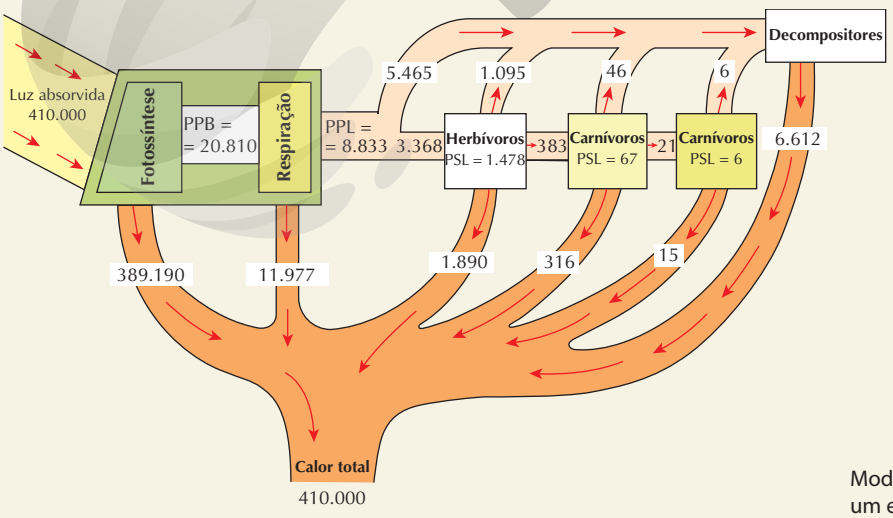
Resposta: A energia disponibilizada para os carnívoros, consumidores secundários, é de 383 kcal m^{-2} ano^{-1}, mas somente 67 são incorporados por eles. Já a quantidade de energia dissipada para o ambiente em forma de calor foi de 316 kcal m^{-2} ano^{-1}.

e) Qual é a quantidade de energia disponibilizada para os decompositores com a morte das plantas? E dos consumidores?

Resposta: A energia disponibilizada para os decompositores com a morte das plantas é de 5.465 kcal m^{-2} ano^{-1}. Já com a morte dos consumidores, a energia disponibilizada é de 1.147 kcal m^{-2} ano^{-1}, sendo 1.095 – consumidor primário (herbívoros), 46 – consumidores secundários (carnívoros) e 6 – consumidores terciários (carnívoros).

f) Qual é a proporção que corresponde ao que foi efetivamente usado pelos herbívoros em relação ao que eles consumiram? E quanto aos carnívoros, consumidores terciários?

Resposta: A proporção efetivamente usada pelos herbívoros é de $\frac{1.478}{3.368} = 0,438$, *isto é, 43,8%. Já os carnívoros, consumidores terciários, a proporção efetivamente usada* é de $\frac{6}{21} = 0,285$, *isto é 28,5%.*



ERICSON GUILHERME LUCIANO

PPB = produtividade primária bruta
PPL = produtividade primária líquida
PSL = produtividade secundária líquida

Modelo de fluxo de energia. Valores relativos a um ecossistema simplicado (em *kcal m^{-2} ano^{-1}*).

MONITORIA

Após os grupos de especialistas estudarem seus conceitos, peça aos estudantes que retornem ao grupo de base para compartilhar o que foi estudado, aprofundando assim o desenvolvimento da **Competência Geral 4**, pois terão que apresentar as ideais com clareza, formular perguntas e respostas para se conectar com os colegas e buscar o entendimento mútuo. Em seguida, oriente-os a reavaliarem o que escreveram sobre a importância da fotossíntese para a manutenção dos seres vivos, discutindo com seus colegas. Se julgarem necessário, devem elaborar uma nova resposta ou aprimorar aquela que haviam escrito. Depois, cada grupo deve compartilhar com a turma suas reflexões.

Segundo Sarmento *et al*. (2013), os estudantes ainda sentem dificuldades em relação à identificação dos reagentes e produtos das reações metabólicas. Por isso, aproveite o momento para verificar se entenderam quais são os reagentes e os produtos envolvidos em cada um dos processos, assim como as principais etapas. Mencione que, na fotossíntese oxígena, por exemplo, eles devem saber como o processo se desencadeia, obtendo uma visão geral, e como as etapas se relacionam. Utilize as representações esquemáticas presentes no Livro do estudante para explicá-las. Mencione que, segundo Raven *et al*. (2014), embora a glicose seja representada como produto da fotossíntese, na realidade pouca glicose livre é produzida no processo. A maior parte do gliceraldeído formado é levado ao citosol, onde forma glicose e frutose, que se unem formando sacarose, enquanto outra parte do gliceraldeído fica no cloroplasto e é convertida em glicose, participando da formação de amido, sendo armazenado, no estroma, na forma de grãos durante o período luminoso. À noite, as moléculas de glicose derivadas da degradação do amido são levadas do cloroplasto para o citosol, onde constituem moléculas de sacarose que então são distribuídas para toda a planta. Se desejar consultar os trabalhos citados, consulte a referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

- **3ª etapa**

Essa etapa concentra-se no estudo dos conceitos de fermentação e respiração, os quais favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** e **EM13CNT203**.

Antes de desenvolver os conceitos de fermentação com os estudantes, verifique seus conhecimentos prévios. Para isso, faça os seguintes questionamentos: "A fermentação é um processo metabólico?"; "Quais são os organismos que realizam a fermentação?"; "Como ocorre a obtenção de energia na fermentação?"; "Qual é o rendimento energético na fermentação?"; "Quais são os tipos de fermentação?"; "Quais as diferenças entre eles?"; "Como a fermentação beneficia o ser humano?", entre outras perguntas.

Esses questionamentos permitirão a avaliação prévia dos conceitos que os estudantes reconhecem ou compreendem, norteando a abordagem dessa temática. Além disso, é possível verificar as dificuldades relacionadas ao conceito de transformação de energia. É provável que, nesse momento, eles não consigam correlacionar a fermentação e a ausência de O_2. Eles podem ainda ter dificuldades em apresentar aplicações tecnológicas da fermentação. Segundo Sarmento *et al*. (2013), esses foram exemplos de dificuldades encontradas pelos estudantes durante os questionamentos iniciais sobre metabolismo energético.

Durante a explanação desse conteúdo, utilize as **figuras 6.8**, **6.9** e **6.10** presentes no Livro do estudante, que mostram de maneira simplificada como os processos metabólicos acontecem na fermentação alcoólica e na fermentação lática. Em seguida, apresente o vídeo "Fermentação", sugerido na seção **Fique por dentro**. Ele mostra vários aspectos da fermentação no cotidiano, desde os alimentos que são perdidos por esse processo até as aplicações biotecnológicas nas indústrias alimentícias e farmacológicas em um contexto histórico-cultural, mobilizando a **Competência Geral 1**. Nesse contexto de acesso e uso de vídeos para a aprendizagem também propicia-se o trabalho com a **Competência Geral 5**.

Para finalizar e reavaliar os estudantes, sugerimos que sejam feitos os seguintes questionamentos:

a) A fermentação é um processo anaeróbio ou aeróbio? Justifique.

Resposta: A fermentação é um processo anaeróbio, isto é, acontece a liberação de energia sem a participação do gás oxigênio.

b) Em que parte da célula ocorre a fermentação?

Resposta: A fermentação ocorre no citosol das células.

c) Qual é o rendimento energético na fermentação?

Resposta: Duas moléculas de ATP.

d) Quais são os organismos que realizam a fermentação? Como o metabolismo desses organismos contribui para o desenvolvimento de biotecnologias para os seres humanos?

Resposta: A fermentação alcoólica é realizada principalmente em bactérias e fungos (leveduras). Ela é empregada na produção de bebidas alcoólicas e na fabricação de pães. A levedura, durante o seu processo metabólico, transforma glicídios da cana-de-açúcar, da uva ou da cevada em etanol, dando origem à pinga, ao vinho e à cerveja, respectivamente. Já na produção do pão, o CO_2 produzido pelas leveduras fica armazenado em pequenas câmaras no interior da massa, fazendo-a crescer. A fermentação lática é realizada principalmente por algumas bactérias, sendo utilizada na indústria alimentícia para a fabricação de queijos, coalhadas e iogurtes, e também por certos fungos e células do tecido muscular estriado esquelético.

e) Qual é o tipo de fermentação que pode ocorrer quando há exercício físico muito intenso? Por que isso acontece?

Resposta: Quando há exercício físico muito intenso, ocorre a fermentação lática nas células do tecido muscular estriado esquelético humano. Isso acontece porque o teor de gás oxigênio do sangue passa a ser insuficiente para a produção de energia, e as células desviam o metabolismo para a fermentação.

Esse questionamento final permite avaliar o que os estudantes compreenderam sobre a fermentação, como ocorre a transformação de energia nesse caso e como diferenciar os tipos de fermentação e suas aplicações no dia a dia. Finalize essa temática perguntando aos estudantes se fermentação e respiração anaeróbia são a mesma coisa. Espera-se que respondam que não. Se isso não ocorrer, explique que a fermentação é um processo independente de gás oxigênio, no qual o NADH, que é produzido durante a glicólise, ou outra via de degradação, é utilizado para reduzir um aceptor orgânico de elétrons produzido pela própria célula. Já a respiração anaeróbia é um processo de regeneração de NAD^+,

EM ABERTA

utilizando NADH como doador de elétrons para o sistema de transporte de elétrons.

Quando o gás oxigênio é o aceptor final de elétrons, dizemos que houve respiração aeróbia; quando o aceptor é outro, como o nitrato ou o sulfato, dizemos que houve respiração anaeróbia. Para mais informações sobre esse assunto, consulte a obra de Marzzoco e Torres (2015) indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Em seguida, apresente duas situações-problema para verificar a compreensão dos estudantes acerca da fotossíntese e respiração celular. Peça que os estudantes considerem três pequenos vasos de planta iguais, colocados no mesmo ambiente iluminado e com a mesma temperatura, mas em três situações diferentes:

Situação 1:

Um dos vasos foi colocado dentro de uma cúpula de vidro. Em que estado esperaria encontrar a planta dentro de alguns dias? Por quê?

Situação 2:

Um dos vasos foi colocado dentro de uma cúpula de vidro, onde se adicionou uma cuba com água de barita, que absorve o CO_2 do ambiente. O que espera que aconteça com a planta após alguns dias? Por quê?

Situação 3:

Um dos vasos foi colocado dentro de uma cúpula de vidro, onde se adicionou uma vela acesa, que em pouco tempo se apagou após consumir todo o gás oxigênio do ar de dentro da cúpula. O que se espera que aconteça com a planta após alguns dias? Por quê?

Seria interessante que os estudantes percebessem que a situação 1 atua como controle dessa atividade e que, nessas condições, a planta vive normalmente. A cúpula de vidro e o ambiente fechado não interferem na vida da planta, pois, nessas condições, ela é capaz de realizar fotossíntese e respiração. Na situação 2, sem gás carbônico, não há fotossíntese. Nessa situação, a planta viverá por um tempo, mas acabará morrendo, pois vai realizar apenas a respiração, consumindo suas reservas de carboidrato e o gás oxigênio do ar. Sem isso, a planta morre. Embora na respiração seja liberado gás carbônico, ele será absorvido pela água de barita, mantendo o ar sem esse gás. Assim, a planta não terá esse gás para a fotossíntese. Sem fotossíntese, não há produção de açúcares nem a liberação de gás oxigênio no ar. Com o tempo, o gás oxigênio não será reposto e a planta também não conseguirá respirar. Na situação 3, a vela consome todo o gás oxigênio do ar e se apaga. A planta sobrevive, pois não é retirado do ar o gás carbônico. Este será usado na fotossíntese e, com a vela apagada, o gás oxigênio liberado na fotossíntese será acumulado no interior da cúpula e utilizado na respiração. Aproveite esse momento para explorar as reações químicas envolvendo os processos de fotossíntese e respiração celular.

Para finalizar essa etapa e verificar a aprendizagem dos estudantes acerca do Tema 6, solicite que formem o grupo de base da etapa anterior e proponha as seguintes tarefas:

- Resolução dos exercícios da seção **Atividades**. Procure acompanhar os grupos para identificar as dificuldades e dúvidas que permanecem, tentando saná-las.
- Elaboração de um mapa mental guiado pela questão: Qual é a importância do metabolismo energético para a manutenção dos seres vivos? É importante que nesse mapa estejam presentes algumas palavras-chave, como energia, transformação, gás oxigênio, gás carbônico, Sol, mitocôndrias, cloroplastos, glicose, bactérias, leveduras, entre outras. Nas orientações gerais deste *Suplemento* você encontra informações de como trabalhar com os mapas.
- Reflexão proposta no quadro **Reflita sobre seu aprendizado!** Incentive os estudantes a registrar a reflexão realizada a fim de auxiliá-los a concretizar os aprendizados e a identificar as lacunas de compreensão, estabelecendo estratégias para dirimi-las, além de propiciar o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 6** por viabilizar a autoavaliação da aprendizagem e a definição de estratégias adequadas para continuar aprendendo.

Reflexões sobre a Ciência

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Descrever as diferenças entre pesquisa qualitativa e pesquisa quantitativa.
- Explicar a maneira mais adequada de apresentar dados com base na natureza da pesquisa científica em questão.
- Selecionar e construir diferentes tipos de gráfico de acordo com os objetivos e a natureza do conhecimento em foco.
- Interpretar gráficos de barras e linhas para obter informações.

Subsídios para o planejamento

Esta seção trata da análise de dados obtidos em pesquisas científicas e tem por objetivo apresentar os conceitos de pesquisa qualitativa e pesquisa quantitativa, classificação resultante do tipo de dados obtidos e da abordagem ou interpretação que se faz deles. Ela pode ser conduzida pelos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e pode contar com o apoio do professor do componente curricular **Matemática** para contribuir com o debate, com a análise e a construção de gráficos e com o uso dessa linguagem.

Inicie a aula lendo a pergunta de abertura da seção e disponibilize um tempo para os estudantes refletirem e registrarem suas ideias.

Faça a leitura do texto em conjunto, com discussões após cada parágrafo. Solicite a um estudante que leia o primeiro parágrafo do texto. Após a leitura, retome com os demais o conceito de método científico, esclarecendo que, com base na observação de um fenômeno, o cientista elabora uma hipótese e a submete a teste, assim confirmando ou rejeitando a hipótese inicial.

Após a leitura do segundo parágrafo, reforce a ideia de observação metódica e, portanto, a importância de se fazer a coleta de dados da forma mais criteriosa possível. Esclareça que, se a coleta de dados e sua análise não forem feitas de modo que se possa replicar o que foi testado, o estudo não tem validade. Em uma análise qualitativa, em que o pesquisador, por exemplo, fará uma análise documental, ou ainda uma análise de discurso de determinado período histórico, a escolha das fontes é essencial. Portanto, ele deve pensar na origem de seus dados e se eles estão, de alguma forma,

EM MODERNA

tendenciosos ou enviesados e levar isso em consideração na hora da análise. Debata o exemplo utilizado no texto: a lista de qualidades pode ser diferente de pessoa para pessoa e pode causar atritos. A própria escolha das categorias é parte essencial do estudo e deve ser feita de forma embasada.

Um modo de ampliar o debate sobre esse tema, principalmente sobre a validação de dados quantitativos, é apresentar a situação ocorrida com o estudo que foi cancelado pela revista médica *Lancet*, divulgada pelos autores Orsi e Pasternak (2020) e que está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Os autores mostram como a busca de dados de forma não criteriosa invalidou o estudo que afirmava que determinado medicamento causava aumento de risco cardíaco. Também mostram como outros estudos se mantiveram por não utilizarem a mesma base de dados, mas sim outros, que foram aferidos como confiáveis.

Outros exemplos que podem ser suscitados nesse momento são aqueles relacionados à divulgação de dados. Existem diversos exemplos de gráficos de barras que distorcem a escala do eixo das coordenadas mostrando barras que comparativamente parecem umas muito maiores que as outras, porém, quando olhamos a escala, vemos que ela não está totalmente representada. Gráficos na escala das abscissas podem ser distorcidos escondendo ou mostrando eventos quando a escala das abscissas está relacionada ao tempo transcorrido.

Esses e outros exemplos são mostrados no TED Talk de Lea Gaslowitz, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Enfatize para os estudantes a importância de olhar os gráficos analisando os títulos, os números, as unidades, os eixos, as escalas e o contexto em que foram criados.

Ressalte a importância da obtenção dos dados e da construção da Ciência de forma embasada e, se possível, apresente exemplos recentes de manipulação em anúncios ou campanhas políticas. Essa prática favorece o trabalho com as **Competências Gerais 1**, **2 e 4**, ao promover a reflexão sobre a importância de utilizar abordagens próprias das Ciências, sobretudo a investigação, em conjunto com a linguagem matemática e científica para expor ideias e partilhar informações, valorizando o conhecimento construído. Além disso, a discussão sobre as fontes de dados favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, pois estimula os estudantes a interpretar informações de textos de divulgação científica vindos de fontes confiáveis de informação.

Leia conjuntamente em voz alta os parágrafos seguintes até o **Quadro 1** no Livro do estudante e, então, pare para discutir a diferença entre as variáveis qualitativas e as quantitativas. Se necessário, utilize outros exemplos como altura (dividindo por frequências de medidas) ou massa corpórea, entre outros. A habilidade **EM13MAT406** visa exercitar a leitura e a construção de gráficos e tabelas de frequência e pode ser trabalhada ao ressaltar os valores escolhidos para representação. Por exemplo, se quiséssemos analisar a massa corpórea dos estudantes da turma, faria sentido apresentar os dados em intervalos de 10 kg em 10 kg ou seria mais apropriado utilizar um valor menor de intervalo? Ressalte que a escolha da faixa que representará a frequência também é uma decisão importante para melhor compreensão da informação. Pode-se discutir, nesse momento, como ficariam tabelas de altura dos estudantes com diferentes faixas de frequência, o que se perderia e o que se ganharia em cada uma das formas de organização. Por exemplo, se os estudantes colocarem um intervalo pequeno de altura, a medida será mais precisa, mas o gráfico ficará mais poluído. Em contrapartida, faixas muito amplas tornam o entendimento mais simples, mas perde-se informação.

Peça aos estudantes que leiam o restante do texto analisando os quadros e os gráficos. Ressalte a análise do gráfico da **figura 3** e verifique se os estudantes assimilaram o conceito de aproximação da reta para compreender a correlação. Peça que analisem o gráfico da **figura 1** e tentem explicar a diferença entre as linhas do gráfico de dispersão e o de evolução de dados numéricos.

Para aprofundar a análise de tipos de gráfico, pode-se fornecer aos estudantes a matéria de Maia e Roubicek (2020) publicada pelo *Nexo Jornal* e indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. A matéria explica a escolha do tipo de gráfico para transmitir informações sobre a epidemia de Covid-19, debatendo a escolha de escalas, tanto do eixo horizontal (“eixo x”) quanto do eixo vertical ("eixo y"), comparando as diferentes escolhas, abordando também possíveis tratamentos dos dados. O exemplo de uma situação real é importante para os estudantes observarem como a apresentação dos dados afeta a interpretação do senso comum sobre o assunto.

O exercício da análise de diferentes tipos de gráfico trabalha a **Competência Geral 4** e as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**, bem como a habilidade **EM13MAT407**, uma vez que os estudantes deverão refletir sobre dados relacionados a previsões, tendências e comportamento da pandemia, com base em informações e/ou resultados experimentais sob a perspectiva científica, além de interpretar informações que contêm dados estatísticos de formas variadas. A habilidade **EM13MAT101** é exercitada ao analisarem taxas de variação por meio de fatos relativos às Ciências da Natureza, trabalhando conjuntamente conceitos como taxa de incidência do vírus e mortalidade total. Comente que os epidemiologistas, ao realizarem uma análise, utilizam diferentes dados e taxas para compreender uma epidemia e prever suas implicações. Debata com os estudantes o fato de que, durante a pandemia, pessoas que buscavam minimizar seus impactos mostravam principalmente os dados sobre incidência, enquanto pessoas que defendiam o isolamento mostravam gráficos de mortalidade total. Por fim, solicite que resolvam as duas atividades individualmente e corrija-os no final.

A primeira atividade pode ser realizada individualmente e ter um debate inicial, em duplas, sobre os resultados. Destaque a diferença entre comparar e mostrar a proporção. Nesse momento, é importante fazer uma resolução comentada no quadro de giz, verificando se os estudantes apresentaram os mesmos dados. Se possível, projete os gráficos resultantes para que os estudantes comparem os resultados. Pode-se, então, retomar a discussão sobre distorções e manipulações de gráficos e debater como o gráfico de barras poderia ser distorcido de forma que a comparação passasse outra impressão.

Para aprofundar a questão 1, alternativa “c”, pode-se pedir aos estudantes que calculem o desvio-padrão dos valores. Explique que variância e desvio-padrão são medidas de dispersão dos dados e indicam a proximidade desses dados em relação à média aritmética. Portanto, se os valores fossem todos iguais à média, não haveria nenhum desvio; quanto mais discrepantes os valores forem da média aritmética, maiores serão os valores de variância e de sua raiz quadrada, ou seja, o desvio-padrão.

EM ANÁLISE

A variância mostra quanto os dados estão distantes da média, e o desvio-padrão mostra qual é a dispersão.

Para a variância entre n valores *x*, a fórmula usada é:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

lembrando que o desvio (*s*) é a raiz quadrada da variância (s^2).

Portanto, trata-se de um somatório das diferenças dos valores com a média aritmética elevadas ao quadrado, dividido pelo valor do número de elementos menos 1.

Na segunda atividade, os estudantes devem interpretar o texto dessa seção e refletir sobre os métodos. Peça a eles que respondam individualmente e depois comparem seus resultados com os de um colega. Em seguida, para a segunda parte desta questão, os estudantes deverão construir um gráfico de dispersão para analisar aspectos da comunidade escolar. Peça aos estudantes que pesquisem as características desses gráficos e, se julgar conveniente, considere promover uma proposta em conjunto com o professor do componente curricular **Matemática**.

Como os gráficos de correlação têm a finalidade de identificar se existe ou não correlação entre as variáveis estudadas, a escolha pelos estudantes das características a serem avaliadas na comunidade pode servir de instrumento de avaliação para identificar lacunas de compreensão sobre essa forma de apresentação e análise de dados. É importante que os estudantes compreendam que cada tipo de gráfico tem uma função e, portanto, a escolha por um deles na análise de dados deve ser feita de maneira fundamentada.

Embora a construção do gráfico possa ser feita digitalmente com o auxílio de *softwares* para esse fim, por ser uma primeira experiência, é interessante que os estudantes tentem construir o gráfico à mão em papel milimetrado. Para facilitar o trabalho, solicite que pensem nas categorias que querem estudar e nos dados que vão apresentar. Reserve o tempo para a coleta de dados e observe as tabelas criadas, esclarecendo possíveis dúvidas.

Ao longo da construção dos gráficos, peça aos estudantes que tracem a linha de tendência, ou seja, a reta que melhor se ajusta ao comportamento dos pontos, favorecendo a análise e a conclusão sobre a correlação. Debata as escolhas das variáveis e os resultados. Comente com eles que o fato de não encontrar correlação também é um dado científico importante e traz informações. Enfatize para os estudantes que a estatística pode demonstrar se, com base na amostragem efetuada, evidencia-se com segurança alguma relação, mas determinar causa ou consequência dessas relações é papel da teoria e da experimentação controlada. Podem ser mostrados à turma os gráficos de Vigen (em inglês), disponíveis no *site Spurious correlation*, indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Neles, há uma série de dados que mostram correlações quase perfeitas, mas que claramente não guardam relação entre si, como o consumo de margarina nos Estados Unidos e o número de divórcios no Maine.

Para aprofundar essa atividade, você pode fornecer os dados de notas de uma avaliação anterior ocultando o nome dos estudantes (pode-se também utilizar dados fictícios) e solicitando que pensem como apresentar os dados em um gráfico.

Retome a discussão sobre tipos de gráfico e converse com os estudantes sobre as formas pelas quais os gráficos são mostrados, agora analisando-os com base nas figuras mostradas no Livro do estudante.

Pensamento crítico e argumentação

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Analisar fenômenos associados à Física Quântica, com base nas relações entre matéria e energia, e refletir sobre os impactos do uso indevido de seus conceitos na vida das pessoas.
- Utilizar a reflexão e a análise crítica para investigar as causas do uso indevido de ideias científicas.
- Argumentar com base em informações científicas para defender ideias e posicionar-se de forma ética.
- Exercitar o uso e a seleção de evidências científicas reconhecendo a estrutura dos argumentos.
- Analisar e avaliar a força e a eficácia de argumentos.
- Examinar argumentos e opiniões manifestados para formular propostas que levem em conta o bem comum.
- Reconhecer ideias pseudocientíficas que visam favorecer a comercialização de produtos e serviços.

Subsídios para o planejamento

As atividades desta seção podem ser implementadas por um dos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, todavia, por contemplar a Física Quântica, docentes do componente curricular **Física** podem ter mais facilidade em conduzi-las. A seção permite parceria com os professores da área de Linguagens e suas Tecnologias, sobretudo do componente curricular **Língua Portuguesa**, e da área de Ciências Humanas e Sociais e Aplicadas, uma vez que, além de focar as características da estrutura de argumentos, principalmente científicos, discute as implicações do uso inadequado de argumentos científicos em áreas que se pautam em outras formas de conhecimento. O posicionamento requerido dos estudantes no final das atividades permite colocar em prática diferentes tipos de conteúdo (conceituais e atitudinais) trabalhados ao longo da seção, como o posicionamento crítico e os princípios de Mecânica Quântica.

Comece a aula organizando os estudantes em quatro grupos. Cada um dos grupos deverá formular uma definição, seguida de um exemplo, para os termos "opinião", "crença", "fato" e "argumento". Na sequência, eles deverão apresentar para a turma as definições que formularam. Aproveite esse momento de partilha para incentivar os estudantes a complementar as definições e os exemplos elaborados pelos grupos. Essa fase inicial tem o objetivo de levantar conhecimentos prévios, introduzir o tema e iniciar a demarcação da ideia de argumento científico, que será explorada ao longo da seção.

Em seguida, coloque no quadro de giz, para facilitar a explicação, o primeiro modelo de argumento que será trabalhado e proceda à leitura coletiva do texto inicial, solicitando que diversos estudantes leiam trechos do texto introdutório. Prossiga desse modo também com a leitura do texto da primeira questão. Combine com a turma o tempo disponível para responder aos itens da questão 1. Depois desse tempo, faça a correção e promova a discussão das

PROVISÓRIA

respostas orientando-se pelas resoluções esperadas. Ao longo da correção das alternativas, incentive a participação dos estudantes. Esse momento de compartilhamento das respostas poderá ajudar a explorar ao máximo a estrutura do primeiro modelo de argumento. Para orientar a discussão sobre a qualidade das evidências (alternativa "d"), consulte o texto de Sandoval e Millwood (2005) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Ao refletir sobre o uso desse primeiro modelo de argumento, os estudantes terão oportunidade de se engajarem para o desenvolvimento das habilidades **EM13CHS103** e **EM13LP05**, visto que terão de perceber a relação entre o uso incorreto do termo Física Quântica e a finalidade de promoção de venda.

Apresente o segundo modelo de argumento explorado indicado na seção colocando-o no quadro de giz, junto ao modelo anterior. Para essa explicação, é importante que você tenha alguns exemplos para explorar a estrutura desse padrão de argumento, conhecido como TAP (do inglês *Toulmin's Argument Pattern*). Para inspirar a criação desses exemplos, recomendamos a leitura de Toulmin (2006), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Complementarmente, o trabalho de Nascimento e Vieira (2011), também indicada nessa mesma seção, traz reflexões, referências teóricas importantes e ponderações sobre o ensino e a aprendizagem de argumentação, que podem enriquecer a sua prática docente.

Depois da apresentação dos modelos, proponha aos estudantes que resolvam as questões 2 e 3 para mobilizarem os conteúdos trabalhados na Unidade. Para a resolução dessas questões, forneça folhas de papel em branco previamente recortadas, nas quais os estudantes possam escrever as partes do argumento conforme as informações do texto. Ao escreverem os trechos das respostas no papel e manipulá-lo, é possível que os estudantes se familiarizem mais facilmente com a estrutura do TAP. Nesse momento, assim como na primeira questão, ao trabalharem com a estrutura do argumento, os estudantes estarão exercitando as habilidades **EM13CHS103** e **EM13LP05**.

Na questão 2, ao montarem a estrutura do argumento com base no texto fornecido, os estudantes precisarão refletir e mobilizar conceitos específicos de Física Quântica, dialogando, parcialmente, com a **Competência Geral 1** e com a habilidade **EM13CNT305**. Visando ajudar na mobilização de conceitos relacionados à Física Quântica, indicamos para sua leitura e preparo, na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, os textos de Webber e Ricci (2007) e Pessoa Jr. (1997).

Para a questão 4, retome os modelos de argumento apresentados na seção e peça aos estudantes que destaquem as diferenças entre os modelos, no caderno, de forma visual, marcando com as mesmas cores, por exemplo, os componentes semelhantes nos dois modelos. A comparação entre os modelos permite explorar as habilidades **EM13CHS103** e **EM13LP05**.

Por fim, para que elaborem o argumento proposto na questão 5, você pode compartilhar com os estudantes dois materiais que indicamos na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*: um episódio do *podcast* da Rádio USP (2018) e um vídeo com um físico do canal *Casa do Saber* (2019). Ambos abordam, de forma breve e esclarecedora, ideias e conceitos associados à Física Quântica e dialogam com a reflexão proposta pela questão. Complementarmente, para o seu preparo na condução do debate, indicamos, na mesma seção, a leitura do texto de Pessoa Jr. (2011).

Para a discussão e a correção desta última questão, peça a alguns estudantes que compartilhem oralmente seus argumentos com a turma. Se preferir, essa atividade também pode seguir os moldes das questões 2 e 3, contando com o apoio de folhas de papel para a manipulação das diferentes partes dos argumentos. Independentemente da estratégia adotada, recomenda-se reservar um momento para que os estudantes compartilhem as respostas e, assim, tenham contato com a variedade de argumentos produzidos pela turma e reflitam sobre as próprias respostas. O caráter mais autoral da última questão e o fato de ela mobilizar tanto os conhecimentos sobre argumento quanto sobre Física Quântica permitem explorar diferentes habilidades. Com relação à estrutura dos argumentos e à natureza de suas informações, explora-se as habilidades **EM13CNT305**, **EM13CHS103** e **EM13LP05** e as **Competências Gerais 1 e 2**. Por requisitar a elaboração de um argumento que está intrinsecamente associado a um posicionamento, a questão possibilita, ainda, trabalhar a **Competência Geral 7** e a habilidade **EM13LGG303**. Trabalha-se, também, a **Competência Geral 4**, pois os estudantes elaboram e escrevem seus argumentos e, portanto, mobilizam competências no uso da linguagem para a expressão escrita.

Valores e atitudes

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer a importância da energia solar como fonte energética viável e sustentável.
- Interpretar tabelas com dados de diferentes recursos energéticos e comparar dados para tomada de decisões sobre a utilização do fogão solar.
- Analisar propriedades de diferentes materiais e seus impactos socioambientais para construção de fogões solares.
- Refletir sobre a viabilidade econômica de diferentes matrizes energéticas.

Subsídios para o planejamento

O foco desta seção é propor aos estudantes uma reflexão acerca do aproveitamento da energia solar para atividades cotidianas e da viabilidade de uso de tecnologias que empregam a energia solar para a diminuição de custos, como é o caso dos fogões solares, que utilizam energia limpa e sustentável. Os professores do componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias podem conduzir essa seção, porém o professor de **Física** pode se sentir mais confortável em fazê-lo pelo fato de o tema envolver conceitos de óptica, necessários para a compreensão do funcionamento de alguns tipos de fogão solar.

Inicie a aula retomando as condições climáticas do Brasil. Pergunte aos estudantes se a implantação de tecnologias que utilizam a energia solar pode ser feita da mesma forma em qualquer lugar do planeta. Relembre os estudantes de que o Sol é uma fonte de energia renovável e passível de ser aproveitada tanto em forma de calor quanto de luz. Comente que o Brasil está em uma posição privilegiada no globo terrestre em relação à incidência solar e que, portanto, poderia ser vanguarda nesse tipo de pesquisa promissora para o futuro.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Discuta então o impacto ambiental ocasionado pelo uso de outras formas de energia, sobretudo do petróleo. Pode-se solicitar aos estudantes que retomem conhecimentos listando matrizes energéticas, para então refletirem sobre os impactos de cada uma delas. A energia eólica, por exemplo, é considerada limpa, porém precisa de locais onde há vento constante e uma grande área desmatada, além de causar poluição sonora. As hidrelétricas, muitas vezes também consideradas limpas, precisam inundar grandes áreas e provocam impactos socioambientais com a expulsão de populações de suas terras, a mudança no fluxo de rios, entre outros. Outra forma de produção de energia que pode surgir nos exemplos é a termelétricas. Problematize o uso de energia à base de combustíveis fósseis e o grande impacto no efeito estufa. Comente que mesmo os combustíveis renováveis como o biodiesel causam impactos ambientais, pois necessitam de grandes áreas agricultáveis, e, ameaçam, assim, as áreas de mata nativa.

Esse primeiro momento visa retomar e relembrar discussões feitas pelos estudantes tanto no Ensino Fundamental – Anos Finais – quanto ao longo da Unidade. Ressalte que a energia solar é limpa, não emite gases de efeito estufa, e a insolação no país pode ser mais bem aproveitada que a energia eólica, que tem distribuição de ventos desiguais em seu território. Para reforçar esses conceitos, durante a discussão, forneça dados sobre o potencial dessa energia, comparando-os com os das outras formas, por exemplo: Para cada metro quadrado de coletor solar instalado, evita-se a inundação de 56 m^2 de terras férteis na construção de novas usinas hidrelétricas. Uma parte do milionésimo de energia solar que o Brasil recebe durante o ano poderia dar suprimento de energia equivalente a: 54% do petróleo nacional; duas vezes a energia obtida com o carvão mineral; quatro vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

Essa primeira discussão de contextualização das matrizes energéticas trabalha principalmente a habilidade **EM13CNT309**, aprofundando o debate sobre alternativas energéticas em relação aos recursos naturais não renováveis e retomando conceitos anteriores. Questione então se a única forma de aproveitar a energia solar é por meio de células fotovoltaicas para gerar energia. Verifique se os estudantes conhecem outras formas de aproveitamento da energia solar como o aproveitamento da energia térmica para aquecimento. Pergunte então aos estudantes se já viram um fogão solar. Em caso afirmativo, peça-lhe que contem onde viram e como funcionava. Informe-os sobre a temática que será trabalhada e, então, solicite que façam a leitura individual e depois respondam ao primeiro exercício, compartilhando as respostas com toda a turma.

Na hipótese de nenhum estudante já ter visto um fogão solar, explique que a ideia do fogão solar concentrador, como o próprio nome diz, é concentrar, através de princípios de ótica, os raios solares em um ponto focal e assim transformar a radiação solar em calor. Essa compreensão é importante para o trabalho da habilidade **EM13CNT101**, pois mostra uma situação em que ocorre transformação de energia com aplicação no cotidiano. Para facilitar o entendimento, aproveite a oportunidade para discutir outras situações dia a dia que envolvem a mesma transformação de energia. Um bom exemplo é a concentração de raios solares com uma lupa para queimar um papel, por exemplo. Pergunte aos estudantes se já viram essa experiência ou se têm outro exemplo de aproveitamento da energia térmica do Sol para questões cotidianas. Ao avaliar o que já sabem sobre o assunto e pensar sobre outras situações, traçando paralelos, os estudantes trabalham as **Competências Gerais 1 e 2**.

Se houver disponibilidade de material, pode-se levar um espelho côncavo e uma lanterna para a sala de aula para fazer a simulação, comparando a incidência da luz da lanterna diretamente em uma parede da sala com a reflexão resultante do espelho. É importante que o espelho tenha uma distância focal razoável para que se possa fazer essa demonstração.

Solicite aos estudantes que leiam o texto da seção e promovam uma discussão analisando as imagens e as legendas. Peça aos estudantes que atentem ao formato das superfícies refletoras, todas côncavas, que fazem com que os raios paralelos do Sol sejam refletidos e se concentrem no foco.

A viabilidade de um fogão solar depende de algumas variáveis, como o material utilizado e o espaço para sua instalação que deve ser exposto à luz direta do Sol nos horários de maior incidência, entre outros. Ao refletir sobre a viabilidade do fogão solar e avaliar o melhor aproveitamento da energia do Sol em condições específicas, os estudantes trabalham a competência **EM13CNT102**. Além disso, ao pensar formas de utilizar a radiação solar, refletindo sobre equipamentos de uso cotidiano, eles trabalham a habilidade **EM13CNT103**. Por fim, é importante que os estudantes pensem nos materiais utilizados, em como podem reaproveitar materiais reciclados, que não sejam tóxicos, principalmente em áreas do fogão onde pode haver contato direto com os alimentos. Assim, trabalha-se a habilidade **EM13CNT104**.

Os fogões apresentados no Livro do estudante mostram a concentração dos raios a partir da reflexão de superfícies côncavas. Portanto, para construir um fogão solar com a concentração dos raios, é importante que esse conceito seja evidenciado para os estudantes. Se a escola não tiver sala de informática com computadores disponíveis para a turma pesquisar, projete em sala de aula imagens para que os estudantes assimilem a trajetória da luz em um espelho desse tipo e compreendam o conceito de foco.

A compreensão do conceito de foco e sua relação com a concavidade do espelho são importantes para ajudar os estudantes a pensar no modo de construir um fogão solar. O material empregado deve ter uma concavidade que permita o foco em um local definido como local de aquecimento, ser reflexivo e durável, para que possa ser exposto a ambientes externos.

Debata com os estudantes principalmente o fogão solar de Ramos, evidenciando que ele foi feito de sucata. Incentive a reflexão sobre outros materiais que poderiam ser utilizados em um fogão solar ou para o aproveitamento da energia solar. Ao pensar nas propriedades dos materiais para selecionar um que seja adequado para a confecção de um fogão solar, os estudantes trabalham a habilidade **EM13CNT307**.

Existem outras formas de aproveitar esse tipo de energia, como os aquecedores solares de baixo custo. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* indicamos o *site* da ONG Sociedade do Sol, que trabalha produzindo aquecedores solares de água de baixo custo, diminuindo, assim, a conta de energia elétrica de famílias carentes e garantindo qualidade de vida de forma sustentável. Se possível, disponibilize o *link* do *site* para os estudantes e peça a eles que expliquem como funciona o aquecimento solar de água. Pensar em novas formas de aproveitamento de energia, sobretudo utilizando materiais recicláveis, favorece o trabalho com a habilidade

REPRODUÇÃO PROIBIDA

EM13CHS301, bem como com a habilidade **EM13CNT307**, pois aprofunda o debate anteriormente feito sobre uso de materiais que permitem o aproveitamento da energia solar e faz os estudantes refletirem sobre quais são as melhores formas de aproveitar essa energia para outras atividades do cotidiano.

Durante o debate, explique as propriedades dos materiais utilizados nos exemplos do aquecedor e do fogão solar. O aquecedor deve ter uma superfície reflexiva, côncava, para que os raios sejam refletidos em um ponto focal. Quando o objetivo é construir um aquecedor solar de água, deve-se concentrar a energia térmica dentro de determinado espaço, de forma que toda a água que passe por aquela área seja aquecida. Assim, não se pretende que um único ponto concentre a energia, mas uma área. Para isso, em vez de utilizar materiais reflexivos, utilizam-se materiais que absorvem a frequência infravermelha, e a forma mais simples de fazê-lo é pintando o aquecedor de preto, que absorve as frequências de luz. Aproveite a oportunidade para enumerar outras situações do cotidiano em que isso ocorre, como, por exemplo, quando utilizamos uma roupa escura em comparação com uma roupa clara, ou como carros escuros sob o Sol tendem a aquecer mais que carros mais claros.

A primeira questão desta seção propõe um levantamento do custo de um botijão de gás. Essa discussão já pode ter sido iniciada quando se debateu a maneira como os fogões solares poderiam beneficiar comunidades carentes. Nesse momento, portanto, retoma-se a discussão com base em dados comparativos. Mesmo em locais onde o valor do botijão é menor, dificilmente o custo anual será mais baixo que o do fogão solar. Debata com os estudantes como a construção de fogões solares poderia auxiliar diversas comunidades, diminuindo a utilização de botijões de gás, por exemplo, que tem grande impacto econômico no orçamento de muitas famílias. A tabela trabalhará com conceitos de medidas. Relembre com os estudantes o conceito de Watt e de $W\,m^{-2}$, relacionando-os com as áreas de captação dos fogões. O trabalho com tabelas e unidades de medidas favorece a habilidade **EM13MAT406**.

A segunda questão também trabalha a análise de tabelas e auxilia os estudantes a construir argumentos sobre a viabilidade dos fogões, agora utilizando os tempos de cozimento. Assim, também se mostra uma oportunidade para o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT406**. Evidencie que o tempo de preparo de alguns alimentos, como o inhame, é até mais curto em determinados fogões. Explore os hábitos alimentares dos estudantes questionando-os quais dos alimentos apresentados na tabela fazem parte da dieta alimentar deles. Compare os tempos de cozimento dos alimentos que eles consomem regularmente nos diferentes tipos fogões. Em alguns, o cozimento é mais rápido, em outros, porém, substancialmente mais lento. Pergunte aos estudantes se isso inviabilizaria que utilizassem esses fogões no dia a dia. Nesse momento trabalha-se com as **Competências Gerais 4 e 7**, visto que os estudantes devem utilizar a linguagem matemática e científica para construir seus argumentos.

Por fim, debata a questão 3 de forma dialogada com a turma, mas, após a discussão, os estudantes devem anotar individualmente suas respostas, para posteriormente, apresentá-la à turma na forma de *pitch*. Esclareça que este tipo de apresentação deve ser feita rapidamente, incentivando-os a elaborar uma resposta bastante concisa e clara. Faça uma tabela de três colunas no quadro de giz e as identifique com: fogão a lenha, fogão a gás e fogão solar. Pergunte aos estudantes quais são as principais diferenças entre os tipos de fogão e registre-as na tabela, como o uso de combustível, o custo (no caso do fogão a lenha, se os estudantes tiveram acesso fácil à lenha, como há em algumas regiões rurais, ou se teriam de comprá-la), a disponibilidade de espaço, se há possibilidade de construção autônoma ou se há necessidade de contratar um profissional para isso. Se fossem construí-lo, de que material precisariam, entre outros fatores. Ao refletirem sobre seus hábitos e suas práticas de produção, bem como sobre o material de que precisariam para um projeto de fogão, pensando conjuntamente na viabilidade econômica e na sustentabilidade, os estudantes propõem o uso da energia solar para melhoria da qualidade de vida da comunidade, trabalhando assim a **Competência Geral 10** e a habilidade **EM13CHS301**. A análise de ambas as tabelas, refletindo sobre os dados para compor os argumentos sobre qual tipo de fogão é mais adequado para o seu cotidiano, tendo em vista aspectos econômicos e ambientais também trabalha a habilidade **EM13CHS303**, além da **Competência Geral 7**. Se eles apresentarem dificuldade em responder, incentive-os a pesquisar dados em *sites* de divulgação científica fazendo uso de seus *smartphones*. Ao fazer essa busca e analisar as fontes confiáveis de informação, os estudantes trabalham a habilidade **EM13CNT303**.

É importante que os estudantes reflitam sobre a origem dos combustíveis e cheguem à conclusão de que o fogão de menor impacto ambiental é o solar. O fogão a lenha, apesar de usar um combustível renovável, emite gás carbônico e pode aumentar as áreas desmatadas. O fogão a gás tem como combustível um derivado de petróleo, combustível fóssil que contribui para o aumento do efeito estufa.

Para ampliar a discussão sobre a viabilidade do fogão solar e mobilizar os conhecimentos trabalhados na Unidade, proponha aos estudantes que pensem em formas de melhorá-lo, incluindo montagens de esquemas ou protótipos. A construção de protótipos proporciona o aprofundamento de diferentes habilidades e competências gerais. Além das já citadas **EM13MAT406**, **EM13CHS301** e **EM13CNT307**, as **Competências Gerais 1**, **2**, **4 e 7** são mobilizadas, de forma prática e integrada, por meio da experimentação e o trabalho em grupo, pois os estudantes devem utilizar do conhecimento adquirido, exercitando a curiosidade intelectual, e diferentes linguagens para construir uma argumentação coerente das escolhas feitas durante o projeto.

Auxilie-os na escolha dos materiais, sobretudo aqueles obtidos de reaproveitamento e reciclagem, retomando o funcionamento do fogão com atenção ao cálculo focal da circunferência. O objetivo aqui não é necessariamente a construção de um fogão funcional, mas que os estudantes consigam reproduzir de alguma forma o que aprenderam com a teoria da seção. O fogão pode ser feito como uma demonstração do princípio, utilizando materiais menores e mais simples que concentram apenas parte dos raios solares; ou como um protótipo para uso, caso exista material disponível, como solda para metais. A escolha do modelo será uma decisão conjunta, feita entre professor e estudantes, de acordo com o material disponível. Nesse momento, diferentes tipos de material podem ser utilizados. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* é indicado o artigo de autoria de De Paula *et al.* (2007), que mostra como construir espelhos parabólicos de baixo custo.

REPRODUÇÃO

Depois de construídos, os protótipos também podem auxiliar no trabalho com as unidades de medida. Solicite aos estudantes que calculem a potência do fogão por área. Para calcular a potência, peça a eles que façam uma quantidade de água entrar em ebulição. Aqui há o exemplo de cálculo para um 1 litro de água, porém essa quantidade pode ser adaptada ao tamanho do fogão. Caso seja apenas um fogão para a demonstração do princípio, sem grande potência, pode-se simplesmente utilizar a variação de temperatura, como mostrado no exemplo a seguir.

Utilizando a expressão $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, em que m é a massa da amostra, c é o calor específico da água (1 cal g^{-1} $°C^{-1}$) e ΔT é a variação de temperatura. Se a massa for 1.000 g e a temperatura variar 80 °C, por exemplo, teremos ao final da equação 80.000 cal ou 334.880 joules (1 cal = 4,186 joules). Assim, basta dividir o valor do trabalho final pela variação do tempo para ter a potência. Se a água levou 5 minutos para ferver, esse valor é de 300 segundos, então a potência desse fogão seria aproximadamente 1.116,266 W.

Para dar fechamento à seção e à Unidade, proponha a reflexão sobre as duas questões do quadro **Revise e amplie!** Essas questões visam a uma autoavaliação dos estudantes sobre sua aprendizagem e um aprofundamento sobre a temática estudada. Incentive-os a registrar seus pensamentos com a finalidade de auxiliá-los a concretizar os aprendizados e a identificar pontos de menor compreensão e/ou dificuldade no conhecimento trabalhado na Unidade, estabelecendo estratégias para solucioná-los. O trabalho com o quadro proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoconhecimento da **Competência Geral 6**.

Apoio ao trabalho pedagógico

- AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O artigo apresenta e discute as principais características dos bons mapas conceituais, com base em quatro conceitos centrais. Nele são propostas três atividades de treinamento e apresentados dois mapas semiestruturados sobre Ciências, que ilustram como os parâmetros de referência são úteis para identificar bons mapas conceituais.

- BARROS, H. L. C. Processos endotérmicos e exotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_4/04-CCD-7008.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O artigo analisa, sob a perspectiva atômico-molecular, absorção e liberação de energia, na forma de calor, em processos físico-químicos.

- BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR NF. Membrana plasmática. 2015 (4 min 58 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4IF8XhkiYPc>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O vídeo apresentado em inglês, mas com legendas em português, apresenta um resumo sobre a constituição, funções e importância da membrana plasmática.

- CARVALHO, L. C. de; LUPETTI, K. O.; FATIBELLO-FILHO, O. Um estudo sobre a oxidação enzimática e a prevenção do escurecimento de frutas no ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 22, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a10.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Os autores propõem nesse trabalho um experimento didático para a observação do escurecimento de frutas e a prevenção da oxidação enzimática na presença de alguns agentes inibidores, como ácido ascórbico e ácido cítrico. Além disso, discutem teoricamente a ação da enzima polifenoloxidase nos alimentos, dando, assim, corpo teórico para o professor realizar essas discussões com os estudantes.

- DE PAULA, L. A. N.; RAGGIO, P.; ASSIS, A. K. T. Uma contribuição à construção de espelhos parabólicos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 3: p. 338-352, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6240/5791>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O artigo traz um procedimento para a construção de espelhos parabólicos utilizando material de baixo custo.

- DI DOMENICO, M. Biomimética: copiar a natureza pode gerar bilhões em novos negócios. *Você S/A*, 19 nov. 2019. Disponível em: <https://vocesa.abril.com.br/geral/biomimetica-um-novo-negocio-para-organizacoes-de-olho-na-sustentabilidade/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Essa reportagem define a Biomimética e mostra como essa área da Ciência inspira novas tecnologias e soluções para a sociedade, trazendo diferentes exemplos de aplicações no mercado.

- DIEGUEZ, F. A revolução da teoria quântica. *Superinteressante*. 31 out. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-revolucao-da-teoria-quantica/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Essa matéria aborda o surgimento da Física Quântica na perspectiva de uma revolução científica. Trata principalmente da importância da compreensão do comportamento ondulatório da matéria.

- EQUIPE *eCycle*. Com folha biônica, estudo utiliza a fotossíntese sintética para produzir combustível líquido. *eCycle – Sua pegada mais leve*, 2016. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/8-tecnologia-a-favor/4736-fotossintese-sintetica-gera-energia-em-forma-de-combustivel-liquido-.html>. Acesso em: 3 ago. 2020.

A notícia mostra a criação de uma folha artificial, a "*bionic leaf* 2.0", que é capaz de produzir combustível por meio de um processo com catalisadores e células fotovoltaicas.

- GASLOWITZ, L. How to spot a misleading graph. *TEDEd*. (4 min 9 s). Disponível em: <https://ed.ted.com/lessons/how-to-spot-a-misleading-graph-lea-gaslowitz#review>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O vídeo mostra uma animação com exemplos de como a apresentação de gráficos contribui para manipular informações, reforçando a importância de observar todos os dados dos gráficos para ter uma boa compreensão.

- GOES, L. F.; FERNANDEZ, C.; AGOSTINHO, S. M. L. Concepções e dificuldades de um grupo de professores de Química sobre conceitos fundamentais de Eletroquímica. *In*: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XVIII ENEQ). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0236-1.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

REPRODUÇÃO

Nesse texto são mostradas diversas dificuldades de um grupo de professores de Química do Ensino Médio em relação aos conceitos fundamentais de Eletroquímica, condizentes com a literatura sobre concepções alternativas do tema.

- GRUPO MODULAÇÃO. *Física Quântica (Dr. Quantum) Fenda Dupla*. 2017 (4 min 51 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UtPf0XYQzfI>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Nesse vídeo, o Dr. Quantum explica o experimento da Dupla Fenda, realizado há mais de 200 anos. A partir desse experimento, foram criadas as atuais tecnologias eletrônicas.

- INTEGRANDO CONHECIMENTO. *Como funciona TV de tubo, LCD, plasma, LED e OLED*. 2018 (12 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jHKi6Dk9izo>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O vídeo explica a formação de imagem nas TVs de tubo, de plasma, LCD, LED e OLED utilizando princípios da Física Quântica.

- JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. *Química Nova na Escola.* Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/evolucao.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O autor discute nesse artigo a evolução da atmosfera terrestre ao longo de 4,5 bilhões de anos, além dos perigos associados à alteração de sua composição química, fruto de atividades antrópicas.

- KARNAL, L. Quanticamente. *Estadão*. 17 maio 2020. Disponível em: <https://cultura.estadao.com.br/noticias/geral,quanticamente,70003304583>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Coluna de opinião em que o autor discute a apropriação do termo *quântico* e a relação disso com o movimento de descredibilidade da Ciência.

- KHAN ACADEMY. Soluções hipotônicas, isotônicas e hipertônicas. (7 min 24 s). Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/membranes-and-transport/diffusion-and-osmosis/v/hypotonic-isotonic-and-hypertonic-solutions-tonicity>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Essa animação mostra o efeito de vários tipos de solução na direção da osmose.

- KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F. Reações de oxirredução e suas diferentes abordagens. *Química Nova na Escola,* v. 39, n. 1. p. 35-45, 2017. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_1/07-CCD-112-15.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Esse trabalho apresenta um panorama de como o conteúdo de oxirredução, considerado de difícil ensino e aprendizagem, vem sendo desenvolvido em sala de aula a fim de demonstrar suas diversas possibilidades de ensino bem como discutir suas implicações.

- LEGEY, A. P. *et al*. Avaliação de saberes sobre célula apresentados por alunos ingressantes em cursos superiores da área biomédica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 11, n. 1, p. 203-224, 2012. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_1_11_ex590.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Nesse artigo os autores avaliaram a qualidade dos saberes do tema Biologia Celular de estudantes ingressantes de cursos da área Biomédica, em uma universidade pública federal. A leitura deste artigo pode ajudar os professores de Biologia do Ensino Médio no planejamento das abordagens pedagógicas, levando em consideração as dificuldades mais apontadas para a compreensão da citologia.

- LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; da SILVA, C. B.; LORETTO, E. L. S. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. *Acta Scientiae*, v. 20, n. 2, 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/3690>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O artigo apresenta estratégias metodológicas que tornam os estudantes os protagonistas do processo de ensino-aprendizagem, permitindo o desenvolvimento de novas competências, como a iniciativa, a criatividade, a criticidade reflexiva, a capacidade de autoavaliação e a cooperação para se trabalhar em equipe, sendo o professor o facilitador desse processo.

- MACHADO, V. G.; NOME, F. Compostos fosfatados ricos em energia. *Química Nova*, v. 22, n. 3, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v22n3/1088.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Nesse artigo de revisão, os autores tratam de compostos que apresentam grupo fosfato em sua estrutura, similares às ligações presentes em compostos utilizados pelas células para fornecer energia.

- MAIA, G.; ROUBICEK, M. Como são feitas as escolhas para fazer os gráficos da pandemia. *Nexo Jornal,* 7 jun. 2020. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2020/06/07/Como-s%C3%A3o-feitas-as-escolhas-para-fazer-os-gr%C3%A1ficos-da-pandemia>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Essa matéria aborda a importância da escolha do tipo de gráfico para transmitir informações sobre a epidemia de Covid-19 destacando as escalas escolhidas para apresentar diferentes informações.

- MARTINS, C. R. *et al*. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera. *Química Nova na Escola*, n. 5, 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2020.

O artigo apresenta as diferentes camadas da atmosfera terrestre, suas características e constituintes químicos principais, além dos ciclos globais do carbono, nitrogênio e enxofre e seus impactos no ambiente.

- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica básica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan (Grupo GEN), 2015.

O livro apresenta conceitos fundamentais para a compreensão da integração do metabolismo, podendo ser usado em vários momentos ao longo do desenvolvimento desse Tema, como ao esclarecer as diferenças entre respiração aeróbia e anaeróbia.

- MATAJS, R. Tecnologia termossolar e fotovoltaica. *Sociedade do Sol* (ONG). 2016. Disponível em: <https://www.sociedadedosol.org.br>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O *site* apresenta diversos projetos de aquecedores solares com materiais de baixo custo, disponibilizando vídeos e manuais para orientar os interessados em construir aquecedores para diversas finalidades.

- MENDONÇA, R. J.; CAMPOS, A. F.; JÓFILI, Z. M. S. O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de Química Orgânica do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, n. 20, p. 45-48, 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a08.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

MODERNA

Os autores investigaram nesse trabalho como o conceito de oxidação-redução é abordado nos livros de Química Orgânica do Ensino Médio, mostrando que ainda é pouco adequada a forma como esses materiais tratam da temática. O artigo pode ser usado pelo professor para superar essas inadequações conceituais e fragmentadas.

- MORI, L.; CUNHA, M. B. da. Problematização: possibilidades para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 176-185, 2020. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_2/10-EQF-41-19.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Nesse estudo, as autoras buscaram elencar algumas possibilidades para conduzir a aplicação didática da problematização a título de um resgate teórico descritivo. Procuraram sintetizar propostas metodológicas que indicam maneiras diferentes de problematizar temas, conceitos e assuntos que podem ser utilizados pelo professor nas aulas de Química.

- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, n. 7, 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/aluno.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O trabalho trata das ideias informais dos estudantes sobre calor e temperatura, sugerindo atividades para favorecer a apreensão desses conceitos científicos correspondentes.

- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". *Ciência e Educação*, Bauru, v. 20, n. 3, 2014. p. 617-638. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000300617&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O artigo apresenta a perspectiva freireana no contexto da educação escolar e propõe uma análise de como os Três Momentos Pedagógicos (3MPs) foram abordados em uma obra didática chamada "Física".

- NASCIMENTO, R. R.; ANDRADE, V. L. V. X.; REGNIER, J. C.; Principais dificuldades e obstáculos para aprendizagem do conceito de energia. Abordagem exploratória de publicações em ensino de Ciências e tratamento no quadro da análise estatística implicativa. *Caderno de Física da UEFS*. v. 14, n. 2, 2016. Disponível em: <http://dfisweb.uefs.br/caderno/vol14n2/s1Artigo01_Dificuldades_na_aprendizagem.pdf >. Acesso em: 8 ago. 2020.

Esse trabalho apresenta uma pesquisa exploratória sobre as dificuldades no aprendizado do conceito de energia encontrado em pesquisas em ensino de Ciências.

- NASCIMENTO, S. S. do; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 8, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4018/2582>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Além de discorrer sobre o modelo do Toulmin, o artigo traz reflexões que podem contribuir para o seu trabalho com argumentação em sala de aula.

- O MUNDO DE BEAKMAN. Sabão, energia cinética, motores e borracha. 1992 (21 min 20 s). Disponível em: <https://www.dailymotion.com/video/x57kxqz?playlist=x63e12>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Episódio do programa "O mundo de Beakman", apresentado no Brasil na década de 1990 e reexibido até hoje em diversas ocasiões. Nele, Beakman responde a perguntas e ilustra questões sobre energia e transformações de energia.

- OLIVEIRA, A. Física Quântica e o esoterismo. (6 min 45 s). *Casa do Saber.* 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NfBv356F5lU>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O físico e professor doutor Adilson de Oliveira apresenta conceitos-chave sobre Física Quântica e reflexões sobre a apropriação dos princípios da Física por áreas como o esoterismo.

- ORSI, C.; PASTERNAK, N. O vexame da "Lancet" e a contagem de corpos. *Questão de Ciência,* 6 jun. 2020. Disponível em: <https://www.revistaquestaodeciencia.com.br/artigo/2020/06/06/o-vexame-da-lancet-e-contagem-de-corpos>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Esse artigo da revista *Questão de Ciência* apresenta e discute a retratação da *Lancet*, importante revista da área de Medicina, sobre um artigo nela publicado, após suspeita de divulgação de dados de procedência duvidosa.

- PCMARVIE – TUTORIAIS. *História:* a evolução dos computadores. 2017 (13 min 48 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mFdUqqwzbVs&t53s>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Esse vídeo apresenta a história dos principais computadores e os avanços tecnológicos, principalmente em relação aos processadores, com a incorporação de conhecimentos da Física Quântica.

- PESSOA JR., O. O fenômeno cultural do misticismo quântico. *In*: FREIRE JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. L. *Teoria Quântica:* estudos históricos e implicações culturais. Campina Grande: EDUEPB; São Paulo: Livraria da Física, 2011. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/xwhf5/pdf/freire-9788578791261.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

A obra como um todo aborda diferentes aspectos associados à Teoria Quântica. O capítulo indicado, em especial, pode ajudar a aprofundar as questões propostas na Unidade, ao discutir os pontos que são frequentemente incorporados por áreas que não são consideradas científicas.

- PESSOA JR., O. Interferometria, interpretação e intuição: uma introdução conceitual à Física Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 27-48, mar. 1997. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v19_27.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O texto traz aspectos relacionados ao formalismo quântico, tanto teórico-conceitual quanto filosófico, com aprofundamento que poderá complementar outras leituras.

- RÁDIO USP. 2018. Mecânica quântica tem o desafio de descrever a realidade. *Jornal da USP* (5 min 37 s). Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/mecanica-quantica-tem-o-desafio-de-descrever-a-realidade/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Nessa breve entrevista, o físico e professor doutor Paulo Nussenzveig comenta algumas das ideias presentes nos fundamentos de Mecânica Quântica.

- PRESTES, M. E. B. *Teoria celular*: de Hooke a Schwann. São Paulo: Scipione, 1997.

O livro contextualiza o desenvolvimento dos conhecimentos em Biologia celular, apresentando aspectos históricos.

- ROCHA, B. P.; ALBERTON, H. B. S.; OLIVEIRA, L. B. Frenagem regenerativa. *Projeto em Energia III*. Escola de Engenharia.

PROIBIDA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/projenergia3/projetos/trabalhos-2014/trabalhos-2014-2/GRUPOB.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Esse artigo é uma pesquisa bibliográfica acerca da reutilização da energia liberada durante a frenagem de veículos elétricos. O objetivo é analisar se essa tecnologia é uma alternativa viável, econômica e sustentável, apresentando um breve histórico desse mecanismo com suas possíveis aplicações e comprovação de viabilidade.

- RAVEN, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

O livro traz detalhes moleculares da fotossíntese, além de apresentar as diferenças taxonômicas e os avanços na engenharia genética, permitindo a compreensão da anatomia e da fisiologia das plantas. Ele pode servir de base para as discussões sobre fotossíntese versus respiração.

- SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction,* v. 23, n. 1, p. 23-55, 2005. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s1532690xci2301_2>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Nesse artigo são discutidos alguns dos caminhos que os estudantes percorrem para escolher evidências que sustentam explicações. A força e a qualidade das evidências estão diretamente relacionadas à forma como os dados foram coletados e analisados. Essa discussão pode ajudar a esclarecer os princípios fundamentais para estabelecer a validade e a qualidade das evidências.

- SARMENTO, A. C. H.; MUNIZ, C. R.; SILVA, N. R.; PEREIRA, V. A.; SANTANA, M. A. S.; SÁ, T. S.; EL-HANI, C. N. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. *Ciências e Educação*, Bauru, v. 19, n. 3, p. 573-598, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v19n3/06.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Esse artigo apresenta uma investigação sobre princípios de *design* de sequência didática sobre metabolismo energético para o Ensino Médio, em que há a aproximação ao cotidiano dos estudantes, seja por meio de textos de divulgação científica ou contextualização dos assuntos. Além disso, o artigo mostra a motivação dos estudantes à aprendizagem dos conteúdos, valorizando o processo coletivo e cooperativo da aprendizagem, em que eles são os protagonistas.

- SILVA, J. J.; BALTAR, S. L. S. M. A.; BEZERRA, Maria L. M. B. Experimentação em Ciências com o uso de um microscópio artesanal e corante alternativo. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 1, p. 344-352, 2019.

O documento apresenta os procedimentos para a confecção de um microscópio artesanal e a utilização de corantes alimentícios, tornando a experiência da observação de estruturas celulares mais acessíveis.

- SOUZA, V. C. de A.; JUSTI, R. Interlocuções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações químicas. *Revista Ensaio*, v. 13, n. 2, p. 31-46, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v13n2/1983-2117-epec-13-02-00031.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

O artigo propõe uma estratégia de modelagem para o ensino do tema energia envolvida nas transformações químicas. Nele também são apresentados alguns alguns aspectos importantes sobre os impactos da linguagem na construção de conceitos como energia, calor e temperatura.

- TOULMIN, S. E. *Os usos do argumento*. Tradução de Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

O livro apresenta o modelo de argumento de Toulmin e discorre sobre vários pontos associados à argumentação. Destacamos o capítulo "O *layout* de argumentos" (p. 135-182), que poderá ajudar na criação de exemplos para enriquecer a explicação do TAP.

- VIGEN, T. *Spurious correlations*. Disponível em: <https://www.tylervigen.com/spurious-correlations>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Nesse *site* são apresentados diversos gráficos com correlações entre os dados, que, no entanto, não guardam relação entre si.

- WEBBER, M. C. M.; RICCI, T. F. Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio*:* uma proposta para professores. *Textos de Apoio ao Professor de Física,* v. 17, n. 5. 2006. Porto Alegre: UFRGS. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ta/v17n5_Webber_Ricci.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Esse trabalho contém questões históricas e conceituais fundamentais para a inclusão da temática na sala de aula. É enriquecido com referências-chave e imagens que podem ser usadas como apoio para o trabalho docente.

PROPRIA

UNIDADE 2

Desenvolvimento sustentável

Abertura

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Recorrer à abordagem das ciências e dialogar com outras formas de conhecimento para considerar soluções criativas e inovadoras relacionadas à produção e descarte dos resíduos.
- Fruir e valorizar manifestações artísticas em suas diversas formas de expressão extraindo seus sentidos e significados.
- Avaliar e prever os impactos das intervenções nos ecossistemas desencadeadas pela rede produtiva de artefatos e embalagens descartáveis.
- Propor medidas de preservação da biodiversidade e justificar a importância delas.
- Avaliar as origens e os impactos das cadeias produtivas que geram resíduos e os resultados disso para a dinâmica socioambiental e político-econômica de diferentes regiões do planeta.
- Analisar e avaliar os impactos (socioambientais e econômicos) de cadeias produtivas e de ações de instituições, governos e indivíduos relacionadas à produção e aos impactos do uso do plástico.
- Analisar gráficos e relações de grandezas em situações ligadas à produção e ao descarte de lixo.
- Compreender e analisar diferentes discursos relacionados ao impacto dos resíduos no ambiente.
- Analisar e compartilhar sentidos construídos que emergem da leitura de textos sobre o impacto do plástico no ambiente como forma de aguçar a perspectiva crítica.

Subsídios para o planejamento

A proposta de abertura traz reflexões acerca do conceito de sustentabilidade, com foco na produção e no destino de materiais plásticos. As características dos temas abordados e as reflexões apresentadas permitem um trabalho conjunto entre os professores das quatro áreas de conhecimento, entre os quais, os professores dos componentes curriculares **Biologia**, **Química** e **Física** podem conduzir esta seção.

Inicie a abertura organizando pequenos grupos de estudantes. Cada grupo deverá responder, segundo próprias concepções, a uma das seguintes perguntas, que podem ser distribuídas por sorteio: "O que significam as palavras sustentável e sustentabilidade?"; "O que significa ter hábitos sustentáveis?"; "Ser sustentável é uma atitude individual ou coletiva?"; e "O que significa desenvolvimento sustentável?". Oriente os estudantes a responder de acordo com aquilo que eles já sabem sobre o assunto, promovendo, assim, o levantamento dos conhecimentos prévios acerca de expressões que atualmente são usadas com frequência em diferentes mídias. Após um tempo de trabalho, peça a cada grupo que leia a resposta em voz alta, compartilhando as ideias com toda a turma. Divida o quadro de giz em quatro partes e peça que cada grupo eleja um colega para registrar suas respostas. Os demais estudantes deverão complementar as respostas, e o redator do grupo as anotará no quadro de giz usando palavras-chave. Se julgar necessário, colabore com a construção dos conceitos, orientando a discussão por meio de novos questionamentos. Depois, peça aos estudantes que registrem no caderno os conceitos construídos coletivamente. O artigo de Feil e Schreiber (2017), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode subsidiar conceitualmente essa discussão.

Ainda em grupos, peça aos estudantes que citem e registrem no caderno três ações que consideram importantes para que a comunidade onde vivem se desenvolva de forma sustentável, conforme a definição construída pela turma. Esse momento permite o desenvolvimento da **Competência Geral 10**, uma vez que os estudantes passam a refletir e entender que eles podem ser agentes transformadores na construção de uma sociedade sustentável.

Esse é um bom momento para contextualizar historicamente, mas de forma breve, as discussões referentes à sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável. As informações a seguir podem, por exemplo, ser compostas em uma linha do tempo no quadro de giz. As discussões sobre sustentabilidade iniciaram-se no final da década de 1960 com uma assembleia do Clube de Roma, uma organização sem fins lucrativos que reunia profissionais de diversas áreas e que publicou um relatório com as consequências do rápido crescimento da população mundial diante dos recursos limitados dos ecossistemas. Em 1972, ocorreu a Conferência de Estocolmo (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano), que foi a primeira reunião de chefes de Estado promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU) para tratar da degradação do ambiente. Em 1983 foi criada, pela ONU, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Essa comissão, publicou, em 1987, um relatório no qual apresentou e popularizou uma definição de desenvolvimento sustentável, que é considerada a mais próxima do consenso oficial. Segundo essa definição, o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às demandas do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer às suas necessidades. Em 1992, foi realizada a segunda Conferência Ambiental ECO-92 no Rio de Janeiro, na qual foram discutidas propostas para o desenvolvimento com respeito à humanidade e ao ambiente e foi aprovada pela comunidade internacional a Agenda 21, documento em que os países assumiam compromissos com a mudança do padrão de desenvolvimento até o século XXI. Vinte anos após a Rio-92, aconteceu a Rio +20, na qual os compromissos foram renovados e reafirmados. Essa conferência teve como desdobramento a criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS), que foram publicados no documento "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável", ONU Brasil (2015), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagó-*

MANOBRA

gico, no qual constam 17 objetivos e premissas e 169 metas. Esse documento foi assinado por 193 países que se comprometeram em cumprir as metas até 2030.

Depois desse momento de trabalho, reproduza o vídeo "O que é a Agenda 2030", da ONU Brasil (2018), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* que mostra os 17 ODS. Informe aos estudantes que eles devem fazer anotações no caderno tendo em mente as perguntas: "As sugestões de desenvolvimento sustentável indicadas para sua comunidade se relacionam com algum dos ODS? Qual(is)?". Peça-lhes que avaliem a necessidade de promover alguma alteração nas respostas iniciais, para adequá-las à Agenda 2030. A elaboração de medidas de desenvolvimento que respeitem a diversidade da vida no planeta permite o trabalho com a habilidade **EM13CNT206** e com o aprofundamento da **Competência Geral 10**. O material da ONU Brasil (2015), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* poderá ajudar na sua preparação para essa discussão.

Na sequência, peça aos estudantes que observem individualmente a obra *Plastic Tree*, de Pascale Marthine Tayou, tendo em mente as discussões sobre sustentabilidade que precederam esse momento da atividade. Informe-os de que deverão registrar no caderno os seguintes aspectos sobre a obra: o material utilizado para a produção, as impressões que tiveram dela e o que pensam que motivou o artista a produzi-la. Oriente-os a estabelecer relações entre a obra de arte e as questões ambientais, principalmente com o desenvolvimento sustentável. Comente com os estudantes que artistas brasileiros, como Vik Muniz e Eduardo Srur, também utilizam resíduos para produzir obras de arte como forma de chamar a atenção para o problema do volume de resíduos que descartamos. Essa abordagem, que incentiva as ações de observar, estabelecer relações e refletir acerca dessa obra de arte, é oportuna para o desenvolvimento da **Competência Geral 3**. O apoio do planejamento conjunto com o professor do componente curricular **Arte** pode enriquecer essa discussão promovendo uma análise de particularidades, semelhanças e motivações expressas nas obras de Pascale Marthine Tayou, Eduardo Srur e Vik Muniz. O vídeo "Labirinto" (2012), com a explicação da obra de Eduardo Srur, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode ser um mote de partida pertinente para a reflexão desses elementos.

Em seguida, solicite aos estudantes que leiam individualmente os dados da ilustração sobre o descarte de plástico, presente na abertura desta Unidade, e registrem o que mais lhes chamou a atenção nos números informados. Após o momento de ponderação e registro individuais, peça aos estudantes que se organizem em duplas e compartilhem as impressões sobre a obra de arte e os números relacionados à produção e ao descarte de plástico. A natureza dos dados expostos na ilustração e as respectivas análise e interpretação permitem trabalhar as habilidades **EM13MAT101**, **EM13CHS202** e **EM13LP45**. Peça, então, que leiam e discutam as informações apresentadas na legenda. Incentive-os a associar as informações com os próprios hábitos, e a refletir sobre eles por meio de questionamentos como: "Quais objetos vocês utilizam no dia a dia que são feitos de plásticos?"; "Quantos objetos e/ou embalagens feitos de plástico vocês descartaram hoje?"; "Vocês costumam separar os resíduos plásticos e encaminhá-los para a reciclagem?".

Para complementar o diálogo, peça que os estudantes leiam o texto da ONU (2018) "Mundo está sendo inundado por lixo plástico, diz secretário-geral da ONU", indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Após a leitura, organize-os em um círculo e solicite que façam perguntas e comentários gerais sobre pontos no texto que chamaram a atenção deles. Algumas questões podem nortear a discussão, como: "Qual é o papel dos diferentes países na produção e no descarte do plástico?"; "Qual é a situação atual do Brasil nesse cenário?"; "Como os governos, as instituições, as organizações não governamentais e os indivíduos agem diante desse cenário?"; "Você pode colaborar para a solução desse problema? Como?". Essa abordagem permite mobilizar a habilidade **EM13CNT206** e a **Competência Geral 10**, ao incentivar os estudantes a avaliar os efeitos das ações humanas e das políticas públicas para garantir a sustentabilidade do planeta. Essa discussão pode ser planejada com um dos professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, como **Geografia** e **Sociologia**, permitindo o trabalho com as habilidades **EM13CHS304** e **EM13CHS302**. Peça, então, aos estudantes que tracem paralelos entre as informações presentes na ilustração e na legenda da abertura e as que constam no artigo da ONU, no que se refere às possíveis soluções para o excesso de resíduos plásticos descartados no planeta. Usando palavras-chave, anote no quadro de giz as soluções mencionadas pelos estudantes. Pergunte a eles se avaliam que alguma dessas soluções poderia ser aplicada na comunidade em que vivem, na escola ou em suas residências. Incentive-os a apontar outras possíveis soluções para reduzir o consumo e o descarte incorreto de materiais plásticos nesses locais, o que favorece o trabalho com a **Competência Geral 10**. Oriente-os a tomar nota das soluções apontadas. Essa etapa ainda contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT203**, uma vez que os estudantes poderão analisar os riscos para o ambiente provocado pelo descarte incorreto de materiais plásticos e avaliar soluções para esse problema.

Por fim, considerando as discussões feitas até o momento, solicite à turma que formule uma resposta escrita e individual para a questão proposta na abertura. Depois do tempo acordado para isso, abra a discussão com os estudantes para que compartilhem suas respostas com o intuito de ampliar o repertório deles. A articulação (entre imagens e legenda) proposta pela questão de abertura também possibilita trabalhar a **Competência Geral 2** e a habilidade **EM13LGG101**. O uso da escrita para expressar as possibilidades de conexão dessas formas de linguagem com a temática da sustentabilidade favorece a reflexão sobre os diferentes níveis de impacto causados pelas cadeias produtivas de plástico, permitindo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT309**, **EM13CHS302**, **EM13CHS304**.

- **Objetivos e avaliação diagnóstica**

Trabalhe os objetivos da Unidade e as questões propostas no boxe **Pense nisso!** as quais se referem a cada um dos Temas e estão relacionadas às habilidades do Ensino Fundamental. O objetivo é levantar os conhecimentos prévios dos estudantes. Portanto, o professor da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias que conduzir a abertura precisa estar atento às dificuldades encontradas, visto que as respostas formuladas pelos estudantes são uma valiosa ferramenta de avaliação

EM PROVA

diagnóstica e fundamental para planejar adequadamente os Temas da Unidade. Assim, é importante que o resultado dessa sondagem seja compartilhado com os professores da área.

A questão do **Tema 1** busca avaliar a compreensão dos estudantes sobre as relações que se estabelecem entre conceitos de desenvolvimento sustentável e consumismo. Essas reflexões estão associadas às habilidades **EF05CI05**, **EF07CI08** e **EF09CI13** e são fundamentais para aprofundar o conhecimento acerca dos problemas socioambientais da coletividade, como o consumo irresponsável e as alterações nos ecossistemas, foco deste Tema.

A questão do **Tema 2** está baseada na habilidade **EF05CI04** e tem como propósito verificar o entendimento dos estudantes no que se refere à dependência de matérias-primas não renováveis, aprendizagem fundamental para a compreensão dos impactos causados pelo uso de recursos da natureza. Os conhecimentos relacionados a essa habilidade são importantes para ajudar na discussão de questões sobre o aumento da demanda de combustíveis e água decorrente do estilo de vida da sociedade contemporânea, que utiliza cada vez mais plásticos e polímeros de difícil degradação.

A questão do **Tema 3** permite avaliar o entendimento e a percepção dos estudantes de que o desenvolvimento de novos materiais e/ou a otimização dos materiais já existentes, além de proporcionar desenvolvimento econômico e social, acarretam novas formas de utilização dos recursos naturais, mobilizando a habilidade **EF07CI06**. Esse entendimento é importante para refletir sobre os impactos das novas tecnologias empregadas em pilhas e baterias.

A questão do **Tema 4** tem como intuito investigar o que os estudantes sabem sobre os processos físicos de transmissão e recepção de imagens e sons, objeto de aprendizagem associado à habilidade **EF09CI05**. Esse conhecimento é fundamental para que eles compreendam a diferença entre a luz (uma onda eletromagnética) e o som (uma onda mecânica) e suas formas de propagação.

A questão do **Tema 5** permite averiguar a compreensão dos estudantes sobre fenômenos associados à produção do som, como a vibração de objetos variados, e também o conhecimento dos estudantes acerca de como as ondas sonoras podem se propagar em diferentes materiais e produzir variações como intensidade sonora, altura e timbre, objeto de aprendizagem relacionado à habilidade **EF03CI01**. Esse conhecimento é importante para entender como os instrumentos de sopro e os de corda podem ser diferentes em formatos, mas semelhantes quando consideramos determinadas características físicas.

Tema 1 – Consumo e ambiente

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Analisar as interferências no ambiente oriundas do desenvolvimento da civilização humana reconhecendo a introdução e a extinção de espécies como fatores que alteram o equilíbrio ecológico.
- Identificar as principais formas de poluição ambiental, avaliando os danos que provocam à saúde humana e ao ambiente.
- Posicionar-se criticamente diante das soluções propostas para os problemas ambientais nos contextos pessoal e governamental.
- Compreender que a interferência humana em comunidades naturais pode causar desequilíbrios ecológicos e avaliar os impactos socioambientais relacionados a eles.
- Aprender os conceitos de pegada ecológica e biocapacidade avaliando os prejuízos relacionados ao consumo não consciente.
- Utilizar diferentes linguagens e meios para compartilhar conhecimentos acerca de questões ambientais, como a conservação de espécies.
- Identificar condutas sustentáveis em uma sociedade e associar uma economia sustentável com a conservação do ambiente para as gerações futuras. Avaliar os efeitos e os riscos associados às interferências humanas nos ambientes e propor alternativas seguras e sustentáveis que contribuam para a melhoria na qualidade de vida da população.

Subsídios para o planejamento

O conteúdo deste Tema deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Biologia**. Por envolver os impactos da intervenção humana no ambiente, pode-se estabelecer uma parceria com os professores da área de Ciências Humanas para o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CHS304**, tendo em vista que permite aos estudantes refletir a respeito da dinâmica da natureza, dos impactos causados pela ação antrópica e das transformações no espaço geográfico oriundas da produção de mercadorias.

O estudo deste Tema está dividido em duas etapas, a fim de possibilitar a conscientização ambiental dos estudantes, de modo que participem ativamente do complexo processo de conservação da vida na Terra, o que favorece o trabalho com a **Competência Geral 10**. As estratégias sugeridas buscam um trabalho com os conhecimentos prévios dos estudantes para desconstruir ideias equivocadas sobre os assuntos abordados.

- **1ª etapa**

Inicie perguntando aos estudantes o que eles entendem por equilíbrio e direcione a conversa para que apresentem uma definição de equilíbrio ambiental. Essa discussão inicial permitirá o resgate de conhecimentos prévios, além de desenvolver a capacidade de argumentação e empatia dos estudantes favorecendo as **Competências Gerais 1, 7 e 9**. O conceito de equilíbrio ambiental é complexo e exige o conhecimento do significado de termos cruciais para sua compreensão, como resistência, resiliência e equilíbrio dinâmico. Se julgar necessário, retome o conceito de ecologia para que a turma tenha uma visão mais completa do contexto discutido. Pergunte quais são os componentes do ecossistema que precisam estar estáveis para manter o equilíbrio ambiental e como é possível classificá-los. Espera-se que os estudantes relembrem que os componentes de um ecossistema podem ser classificados em bióticos e abióticos. Esse momento favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT203**, que lidam com conceitos em Ecologia relacionados ao fluxo de matéria e ener-

MANUAL DO PROFESSOR

gia nos ambientes. Em seguida, pergunte também o que eles entendem por equilíbrio dinâmico e conduza a discussão para os conceitos de resistência e resiliência. Esse é um momento oportuno para relembrar como funcionam as teias alimentares, facilitando o entendimento de como o desequilíbrio ambiental pode se estabelecer. Ressalte que, para haver equilíbrio, fatores bióticos e abióticos devem estar em harmonia. Finalize essa discussão pedindo aos estudantes que deem exemplos de como os seres humanos afetam esse equilíbrio. Na sequência, convide um estudante para fazer a leitura em voz alta do tópico **Equilíbrio ambiental**, do Livro do estudante e, com a ajuda da turma, elabore no quadro de giz um esquema ou mapa conceitual das concepções mencionadas nesse momento, de forma conjunta e participativa, favorecendo assim o desenvolvimento da **Competência Geral 9**. Aproveite para verificar o entendimento e as relações que eles estabelecem com os seguintes termos: componentes bióticos e abióticos; equilíbrio ambiental e equilíbrio dinâmico; resistência e resiliência. Esses assuntos dão subsídios para a conscientização ambiental, de modo que os estudantes percebam a necessidade da sua atuação em ações que visam à produção da natureza de maneira ética e sustentável, favorecendo, assim, a mobilização da **Competência Geral 10**.

Peça aos estudantes que leiam o tópico **Alterações bióticas nos ecossistemas**, no Livro do estudante, e registrem, no caderno, o que compreenderam da leitura e as dúvidas que surgiram. A abordagem desse assunto permite desenvolver a habilidade **EM13CNT206**, tendo em vista que versa sobre um problema ambiental mundial, que é a introdução e a extinção de espécies. Depois, reproduza o vídeo *A ameaça das espécies invasoras*, de Jennifer Klos, para ilustrar os problemas causados pelas espécies exóticas. A referência completa do vídeo encontra-se na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Por fim, peça a eles que relacionem as informações contidas no vídeo com as do texto que leram, ressaltando algo diferente que tenham encontrado. Fomente uma discussão com a turma perguntando sobre as implicações causadas pela introdução de uma espécie exótica e de que maneira elas se relacionam à extinção de outras espécies. Continue a discussão questionando quais são as atividades humanas que promovem a extinção de espécies e/ou facilitam o surgimento de espécies invasoras, bem como os problemas relacionados a ela. Nesse momento, desenvolve-se a habilidade **EM13CNT203**, por meio da abordagem do desequilíbrio ambiental, e parcialmente a habilidade **EM13CHS103**, uma vez que é abordado o impacto antrópico sobre a dinâmica da natureza. As análises dos gráficos referentes à proporção de animais marinhos extintos desde o período Cambriano e à evolução da extinção dos vertebrados desde 1500 favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT101**, pois permite que os estudantes interpretem e compreendam dados relativos às Ciências da Natureza. Esses aspectos são discutidos no texto *O que é uma espécie invasora* (2014), que se encontra referenciado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Em seguida, oriente a formação de grupos de cinco integrantes para realizar uma atividade que promove a reflexão acerca da extinção das espécies provocada pela interferência humana. Nesse momento, é reforçado o desenvolvimento da **Competência Geral 9**, com a realização da atividade em grupo.

Objetivos

- Despertar a consciência para a ameaça de extinção das espécies e orientar a concentração de esforços para reverter essa vulnerabilidade, ressaltando a grande perda de biodiversidade que o mundo tem experimentado.
- Direcionar o conhecimento para a fauna e flora de espécies invasoras, reconhecendo os perigos que essas causam aos seres humanos e a outras espécies.

Material

- Computador com acesso à internet ou cartolina e recortes de revistas.

Procedimento – "Obituário"

1. Consulte o *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, e selecione uma espécie para desenvolver a atividade.
2. Crie um cartaz que represente um obituário para a espécie selecionada. O obituário é um registro em meios de comunicação que informa a morte de um indivíduo.
3. Inclua imagens da espécie, nome científico, nome popular, distribuição geográfica da espécie, hábitos de vida, *habitat*, as maiores ameaças à espécie e que ações podemos realizar para evitar sua extinção.
4. Escreva em quais unidades de conservação essa espécie já foi encontrada.

Procedimento – "Procura-se"

1. Procurar informações sobre uma espécie invasora (pode ser em qualquer lugar, incluindo outros países).
2. Criar um cartaz com o título "Procura-se" para a espécie selecionada.
3. Incluir fotos, nome popular, nome científico, local de origem, distribuição atual, fatores que favoreceram/favorecem a permanência da espécie no local invadido, alternativas para evitar que ela continue se propagando nesse local e problemas causados aos seres humanos (caso existam).

A elaboração de cartazes, sejam eles digitais ou em papel, favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 5** (no caso dos digitais), pois requer a utilização de diferentes formas de linguagem para expressar ideias. Durante o processo de seleção das espécies, é importante que os grupos se mantenham informados sobre quais foram as espécies escolhidas pelos outros grupos para que sejam apresentadas espécies distintas. Combine com os estudantes um dia para que realizem uma breve apresentação em sala de aula, de modo que os colegas possam aprender e esclarecer dúvidas juntos. Caso julgue necessário, utilize o *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção* para auxiliar na correção de informações. Após a apresentação dos cartazes, os grupos devem trabalhar juntos para criar um *post* no *site*, em redes sociais ou no *blog* da escola que informe sobre espécies que estão ameaçadas de extinção e as possíveis medidas que o ser humano pode adotar para preservá-las, reforçando o fato de que elas ainda podem ser salvas. Sugira que algo no mesmo sentido seja feito para as espécies invasoras, só que mudando o foco para como evitá-las ou eliminá-las do local invadido. Caso a escola não disponha de internet ou *site* e redes sociais, organize com os grupos uma exposição para apresentar os cartazes para a comunidade escolar.

CÓPIA

Ao finalizar os passos anteriores, oriente os estudantes a assistir aos vídeos disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=Wv1Wm3HbsQo> e <https://www.youtube.com/watch?v=uREl2CzWDPk&feature=youtu.be> (acessos em: 17 ago. 2020) e discuta com eles a relação entre a perda de espécies e a possível perda de serviços ecossistêmicos. Assim, os estudantes estarão preparados para discutir a conservação da diversidade biológica. Introduza esse assunto questionando: "Por que é necessário conservar a biodiversidade?"; "Qual é a importância das espécies?"; "Como isso se relaciona com o equilíbrio ambiental?"; "Qual é o papel dos seres humanos na conservação/extinção das espécies?"; "O que são serviços ecossistêmicos?"; "Que serviços ecossistêmicos você considera importantes em sua região?". Essas questões podem servir de parâmetro para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e se eles compreenderam as atividades realizadas anteriormente, além de favorecer o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT206**, pois versam sobre problemas ambientais mundiais, assim como o das habilidades **EM13CNT203** e **EM13CHS304**, uma vez que abordam políticas de conservação. Em seguida, peça aos estudantes que leiam o tópico **Conservação biológica**, no Livro do estudante, e discuta com eles a importância de manter a biodiversidade. Pergunte a eles se sabem qual é a importância da biodiversidade e peça que reflitam sobre isso. Aproveite as respostas para desenvolver explicações sobre os diversos tipos de diversidade: genética, de espécies e de ecossistemas. Explique quais são os fatores que determinam a diversidade genética de acordo com a proposta apresentada por Meyer (2016), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Depois, pergunte aos estudantes: "O que vocês entendem por diversidade de espécies?"; "E por diversidade de ecossistemas?"; "Como podemos exemplificar a perda de diversidade de ecossistemas?". Finalize a discussão explicando o que são serviços ecossistêmicos. Para um aprofundamento sobre esse assunto assista ao vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=JYfQMip2CPk&t=1114s> e acesse a página <https://www.bpbes.net.br/produto/diagnostico-brasileiro/> (acessos em: 18 ago. 2020). Se julgar pertinente, apresente trechos ou os vídeos completos para os estudantes. Ressalte a importância dos serviços ecossistêmicos para os seres humanos e para a manutenção da vida e discuta como eles podem ser enquadrados nas seguintes categorias: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte, de acordo com a proposta apresentada no texto *O que é uma espécie invasora* (2014), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Para ajudar a ampliar a compreensão acerca da necessidade de conservação das espécies, caso os estudantes disponham de computador ou *smartphone* com acesso à internet, realize a atividade a seguir, a qual permite desenvolver as **Competências Gerais 4, 5 e 9**, pois utiliza diferentes tipos de linguagem, requer o emprego de tecnologias digitais e fomenta o desenvolvimento da empatia por meio do trabalho em equipe.

Material

- Computador ou *smartphone* com acesso à internet.

Procedimento

1. Organize a turma em grupos de dois ou três estudantes.
2. Cada grupo deve criar um anúncio de emprego em que o trabalho desenvolvido seja um serviço ecossistêmico. Ressalte que eles devem indicar em que categoria esse serviço se enquadra.
3. O salário deverá ser pago de acordo com a adoção de medidas que promovam a conservação da espécie, do grupo ou do recurso que realiza o serviço.
4. Nas aptidões necessárias, liste informações sobre a diversidade genética, a diversidade de ecossistemas que a espécie ou o grupo habita e a diversidade de espécies (caso escolha um grupo, por exemplo: aranhas, abelhas etc.) e/ou a distribuição no caso de um fator abiótico.
5. Cada grupo deve apresentar o anúncio de emprego e discuti-lo com os colegas.

Durante as apresentações, os estudantes devem argumentar sobre suas escolhas e as eventuais dúvidas devem ser sanadas, o que favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 7**. Atente para os serviços ecossistêmicos que podem ser realizados por mais de um grupo biológico, como a polinização, e ajude-os a identificar outras possibilidades além da escolhida. Caso julgue necessário, peça aos demais estudantes que sugiram outros candidatos à vaga de "emprego". Finalize a discussão questionando: "O que são unidades de conservação (UC) e qual é a importância delas?". Esse momento permite resgatar habilidades estudadas no Ensino Fundamental. Ajude-os a concluir que essas áreas não apenas preservariam a diversidade, mas também favoreceriam diversos serviços ecossistêmicos. Depois, sugira que pesquisem em casa exemplos de UCs brasileiras que se enquadram nas descritas no Livro do estudante e, se possível, uma espécie ameaçada de extinção encontrada na UC mencionada. Em seguida, discuta os tipos de UC e utilize os exemplos encontrados pelos estudantes para comentar cada um deles. Pergunte se consideram a implantação de UCs uma forma bem-sucedida de preservar a natureza, justificando a resposta dada. O estudo das UCs reforça o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT203** e contempla parcialmente as habilidades **EM13CHS103** e **EM13CHS304**, já que aborda a política ambiental brasileira, a alteração do espaço geográfico e o impacto antrópico nos ambientes.

- **2ª etapa**

Para trabalhar o tópico **Alterações abióticas nos ecossistemas**, distribua entre os grupos já formados uma folha de papel A4 e um item para leitura acerca dos tipos de poluição apresentados no Livro do estudante (subtópicos): poluição sonora, poluição térmica, poluição por elementos radioativo, poluição por substâncias não biodegradáveis e bioacumulação e poluição por derramamento de petróleo. O subtópico poluição pelo lixo não foi indicado, pois sugere-se seu trabalho na *Atividade complementar* indicada mais adiante. Caso não seja possível realizá-la, inclua esse subtópico também neste momento. O estudo dos diferentes tipos de poluição permite o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT203** e **EM13CNT206**, uma vez que aborda a radioatividade e os efeitos da radiação; **EM13CNT104**, porque trabalha a bioacumulação, o descarte de resíduos e a radioatividade; **EM13CNT105**, pois se relaciona à poluição do solo, do ar e da água; **EM13CNT306**, tendo em vista que aborda acidentes nucleares, diversos tipos de poluição e equipamentos de proteção individual; **EM13CNT309**, pois trata do uso de combustíveis fósseis; e **EM13CHS103**, porque focaliza as alterações provocadas pela ação antrópica na natureza.

PROIBIDA REPRODUÇÃO

Incentive os estudantes a explorarem as sugestões de materiais no boxe **Fique por dentro**, pois, além de complementar o conteúdo abordado, favorece o uso de tecnologias digitais e o desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

Cada grupo dever fazer a leitura do subtópico pelo qual ficou responsável. Em seguida, peça que dividam uma folha de papel em quatro partes. Na primeira parte, eles devem escrever um comentário; na segunda, uma curiosidade; e, nas demais partes, uma pergunta e uma observação sobre o assunto.

Depois, as equipes deverão descrever, em outra folha, um desastre ou acidente hipotético relacionado à temática do subtópico estudado. Sugere-se uma descrição com cerca de cinco sentenças. Por exemplo, o grupo que leu sobre poluição por elementos radioativos pode criar uma história de um acidente com um equipamento radiológico em um hospital. O desastre deve ser descrito com detalhes, indicando o local onde aconteceu, os danos causados e o que o provocou. Em seguida, os grupos devem trocar os desastres propostos e indicar uma solução para o desastre recebido. Essa solução deverá ser escrita no verso da folha recebida. Quando o grupo receber um desastre, deve ler o subtópico do Livro do estudante relacionado para ajudá-lo a elaborar uma solução. Repita a dinâmica até que todos os grupos tenham lido todos os subtópicos propostos, tanto para elaborar um desastre como para propor uma solução.

Finalize a atividade pedindo aos estudantes que apresentem o material produzido por eles. Em vez de organizar as apresentações por grupos, organize-as por subtópico. Por exemplo, quando estiver abordando os conceitos de poluição térmica, todos os grupos que tiverem uma folha com um desastre que envolva poluição térmica e a solução para esse problema vão apresentar um comentário, uma curiosidade, uma pergunta e uma observação sobre o subtópico. Discuta os aspectos abordados nas propostas, dando enfoque às possibilidades de prevenir e remediar cada uma das situações apresentadas, relacionando-as às atitudes que podem ser tomadas pelos estudantes em seu dia a dia para contribuir para a conservação do ambiente.

Entre os efeitos mais marcantes da poluição sonora, ressalte o estresse e a surdez, mas comente também que a obesidade já foi conectada a esse tipo de poluição, como explica Wentzel (2018) em seu trabalho citado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Quando discutir a poluição térmica, comente as causas naturais (vulcões e raios, por exemplo) e as causas não naturais (água usada no resfriamento de instalações, desmatamento e pavimentação, por exemplo). Já, durante a poluição por elementos radioativos, verifique se os estudantes conseguem identificar as diversas fontes de radiação que podem poluir, por exemplo, alguns exames e procedimentos médicos (radiografia, radioterapia e esterilização), a radiação utilizada para esterilizar alimentos, para produzir adubos, armamento e energia nuclear. Esclareça que a radiação ocorre espontaneamente na natureza, contudo são as manipulações para utilização pelo ser humano que provocam as maiores contaminações.

Ao finalizar essa atividade, proponha a realização da *Atividade complementar* indicada mais adiante, tendo em vista que esta trata da poluição decorrente do descarte de lixo. Essa atividade permite trabalhar as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT206**, pois aborda o descarte de resíduos. Oriente os estudantes a lerem e desenvolverem o tópico da seção *Prepare-se!* antes da aula em que a atividade será executada. A preparação prévia favorece o desenvolvimento da autonomia e, por conseguinte, da **Competência Geral 10**. Em sala de aula, fomente uma breve discussão sobre as diferenças entre lixo, resíduo e rejeito com base nas informações compiladas pelos estudantes. O objetivo é que eles percebam que aquilo que chamamos popularmente de lixo e que sai de nossas casas é tecnicamente chamado de resíduo. Os rejeitos são os resíduos que não podem ser reutilizados ou reciclados.

As três fases da *Atividade complementar* requerem a criação de um cronograma de reuniões para acompanhamento das atividades desenvolvidas pelos estudantes, o que facilita o reconhecimento das ideias que podem ser utilizadas na campanha de conscientização. Depois da discussão, leia com a turma o roteiro da atividade e estipule um prazo para o desenvolvimento da primeira fase (prospecção). Quando essa fase estiver finalizada, reúna os estudantes para que a fase 2 (plano de ação) seja iniciada. Incentive-os a trabalhar os tópicos e as soluções em grupos menores para, depois, produzir um documento que compile a proposta de toda a turma, favorecendo as **Competências Gerais 9 e 10**. Na terceira fase (conscientização) ajude-os a selecionar as ideias centrais, que serão desenvolvidas na campanha e organize com a coordenação da escola o momento mais propício para a realização de um evento em que os estudantes a coloquem em prática. A atividade promove o trabalho em equipe, mobilizando o desenvolvimento das **Competências Gerais 7, 9 e 10**, uma vez que os estudantes são levados a praticar o diálogo e a lógica argumentativa baseados em informações confiáveis e, ao mesmo tempo, com empatia e respeito, buscando a resolução de conflitos com resiliência e cooperação. O desenvolvimento da habilidade **EM13CHS304** também é favorecido, tendo em vista que seu foco é o papel do indivíduo no enfrentamento das questões socioambientais.

Desenvolva o tópico **Pegada ecológica e biocapacidade**, que favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS304**, pois utiliza instrumentos internacionais para a promoção de políticas ambientais, recomendando que os estudantes visitem o *site Pegada ecológica*, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, e calculem a própria pegada observando quais são os aspectos levados em consideração para esse cálculo. Caso a escola disponha de laboratório de informática, agende previamente. Em seguida, aplicando a rotina de pensamento *Think pair share* (Pense e compartilhe em pares), peça aos estudantes que leiam o tópico do Livro do estudante. Ao finalizarem a leitura, apresente a seguinte questão, que deverá ser respondida individualmente: "Com base na **figura 1.22**, que aspectos influenciam na biocapacidade dos países?". Essa discussão favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS106**, pois requer a leitura de um mapa temático que reflete aspectos do uso do território dos países do mundo. Peça-lhes que formem duplas e discutam as respostas. Finalize com uma discussão com a turma toda sobre as ideias apresentadas. Certifique-se de que aspectos como tamanho da população, densidade demográfica e disponibilidade de recursos sejam levados em conta durante a discussão. Para isso, sugira aos estudantes que comentem a pegada ecológica brasileira. Explique que o Brasil tem 3% da população mundial e 14% dos recursos naturais disponíveis. Então, sugira que outros países sejam analisados de acordo com esses parâmetros. Espera-se que os estudantes percebam que a densidade populacional em países com muitos recursos (área grande e não desértica) se relaciona diretamente à biocapacidade.

REPRODUÇÃO

Comente que o desenvolvimento sustentável existe apenas quando as necessidades da geração atual são supridas sem comprometer a capacidade de atender às demandas de gerações futuras. Se julgar necessário, recomende aos estudantes que leiam previamente o material disponível no Livro do estudante. Fomente então uma discussão sobre os seguintes pontos: "Qual é a diferença entre consumo e consumismo?"; "O que é necessário para produzir tudo o que consumimos?"; "Quais são os exemplos que conhecemos de produtos e/ou empresas sustentáveis?"; "Quais são as características que os(as) tornam mais sustentáveis?"; "Como uma produção mais sustentável pode contribuir para um consumo mais consciente?"; "Como um consumo mais consciente pode estimular uma produção mais sustentável?". Nesse momento, é favorecido o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT206** e **EM13CHS304**, pois inclui diferentes aspectos do desenvolvimento sustentável.

Em seguida, utilize o estudo de caso apresentado a seguir, que versa sobre a produção e o consumo de energia elétrica e fontes renováveis de energia, o que favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT309** e **EM13CNT310**. Com o estudo desse caso, os estudantes serão convidados a propor formas sustentáveis de aumentar a produção de energia para manter uma fazenda no Tocantins.

Estudo de caso: "Palmas para sua solução"

Seu Carlos era um empresário bem-sucedido da capital paulista, até que decidiu, na década de 1990, comprar terras no Tocantins. Amante dos animais e da natureza, logo abandonou os negócios e foi viver no novo Estado.

Tudo, no início, foi difícil: a distância, a dificuldade de locomoção e a falta de energia elétrica. Esta última, seu Carlos resolveu investindo em uma pequena hidrelétrica, que aproveita uma queda-d'água de um rio que passa por sua propriedade.

Porém, ele está enfrentando dificuldades, pois o volume de chuva diminuiu no Sudeste do Tocantins, fazendo o rio praticamente secar e comprometendo a geração de energia. Como a rede pública de energia está longe de suas terras, seu Carlos terá que colocar a mão no bolso para investir em alternativas de geração de energia, sob a orientação de Juliano, um engenheiro que estagiou em suas empresas em São Paulo e hoje é especialista do ramo de energia.

Seu Carlos fez uma ligação para o engenheiro, pedindo orientação:

— Juliano, como vai? Aqui é Carlos Simplório.

— Olá, seu Carlos, há quanto tempo. A que devo a honra de sua ligação?

— Preciso de ajuda, aquela hidrelétrica que instalei em minhas terras não está dando conta de abastecer a fazenda. Sabe como é... Aumentou o número de máquinas e de funcionários por conta da expansão da área plantada de cana, assim como o número das cabeças de gado. Para ajudar, este ano não está chovendo. Tenho que investir em outra forma de geração de energia, mas você me conhece e sabe o quanto eu amo a natureza, não quero prejudicá-la.

— Seu Carlos, deixa comigo. Vou estudar o clima de seu Estado e dar uma solução para o problema, procurando uma forma de energia economicamente viável e que não cause um grande impacto ambiental.

— Obrigado, Juliano. Sabia que você poderia me ajudar.

— Grande abraço, seu Carlos. Retornarei sua ligação em breve.

Imagine que você está incumbido de ajudar Juliano. Estude o clima do Estado do Tocantins e as diferentes formas de geração de energia, para indicar duas soluções para o problema de seu Carlos e argumentar a favor de uma delas. [...]

Fonte: PEREIRA, L. R.; CARDINAL, M. R. Palmas para sua solução. *In*: QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. O. (org.). *Estudos de caso no ensino de Ciências Naturais*. São Carlos (SP), 2016, p.101-108. Disponível em: <https://sites.usp.br/cdcc/wp-content/uploads/sites/512/2019/06/2016-Estudos_de_Caso.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

O caso poderá ser desenvolvido em duas ou mais aulas. A recomendação de Pereira e Cardinal (2016) é que sejam utilizadas cinco aulas, porém adapte as etapas à sua realidade. Aqui se encontra uma versão simplificada para facilitar sua escolha. Na primeira aula, apresente o caso e peça aos estudantes que formem grupos para discutir possíveis soluções para ele. Terminada a discussão, eles devem escolher uma solução que será aprofundada em pesquisa a ser apresentada na aula seguinte para os colegas. Ao final de cada apresentação, fomente um debate ressaltando os pontos positivos e os negativos das propostas de soluções do ponto de vista do desenvolvimento sustentável. Esse momento favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 7 e 9**. Apenas para facilitar a correção da atividade, o material disponibilizado apresenta duas possíveis soluções para o caso, e você poderá utilizá-las como guia, a fim de avaliar as respostas dadas pelos estudantes. Consulte esse material na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

A poluição pelo lixo é uma das mais características por se tratar de uma ação que resulta diretamente do dia a dia. Por isso, é possível atuarmos de forma efetiva no controle de nossa produção de lixo, se tivermos informações suficientes sobre como podemos lidar com ele. Dessa maneira, após o trabalho com as duas etapas, proponha a *Atividade complementar*, disponível a seguir, para que os estudantes reflitam sobre a produção de resíduo na escola e confrontem com a definição de lixo e resíduo dada anteriormente, propondo soluções seguras e sustentáveis para mitigar esse problema.

Antes de iniciar a *Atividade complementar*, oriente os estudantes a lerem o tópico **Poluição pelo lixo,** que se encontra no Livro do estudante, e a registrarem no caderno o que compreenderam da leitura e as dúvidas que surgiram. Em seguida, peça a eles que formem grupos para pesquisar em fontes variadas e confiáveis a diferença entre lixo, rejeito e resíduo sólido, bem como sanar as dúvidas e discutir soluções para mitigar o problema na escola, favorecendo dessa maneira o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307**. Além disso, o exercício de trabalhar em equipe mobiliza as **Competências Gerais 7, 9 e 10**, uma vez que os estudantes são levados

EDITORIA

a praticar o diálogo e a lógica argumentativa com base em informações confiáveis e, ao mesmo tempo, com empatia e respeito, buscando a resolução de conflitos com resiliência e cooperação entre eles.

Finalize o Tema incentivando os estudantes a refletirem sobre a questão da seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, favorecendo o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1**, como também da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Atividade complementar

Objetivo

- Refletir sobre o consumo e a geração de lixo de modo a criar soluções sustentáveis para a diminuição dos resíduos.

Prepare-se!

- Leia o subtópico **Poluição pelo lixo** que se encontra no Livro do estudante.
- Em grupo, realizem uma pesquisa em fontes variadas e confiáveis sobre a diferença entre lixo, rejeito e resíduo.

Material

- Caderno
- Lápis, caneta
- Computador ou *smartphone* com acesso à internet

É possível que materiais específicos sejam necessários em cada etapa e para tal o estudante deve usar a criatividade para identificá-los.

• Etapa I – Prospecção

Procedimento

Coletem informações sobre a produção de lixo da escola e como este é recolhido pela prefeitura do município onde ela se situa.

- Há coleta seletiva e existem lixeiras devidamente identificadas?
- É feita a separação em lixo orgânico e reciclável?
- A área da cantina tem lixeiras devidamente identificadas e permite a separação para reciclagem?
- Qual é o volume de lixo produzido diariamente ou por semana?
- Esse lixo é recolhido pelo mesmo sistema de coleta do município?
- O município dispõe de coleta seletiva, e o lixo reciclável é recolhido separadamente?
- Como a cantina da escola serve os alimentos? Que tipos de embalagem, copos e talheres são utilizados?

• Etapa II – Plano de ação

Depois de obtidas as respostas da fase anterior, elaborem um plano de ação destacando os problemas identificados na fase inicial e propondo formas de contribuir para a sua resolução. Esse plano pode ser direcionado à conscientização da comunidade escolar ou à sugestão de melhoras no manejo do lixo que pode ser realizado pela escola. Vocês podem elaborar, por exemplo, uma proposta para que a escola disponibilize lixeiras que permitam a separação do lixo ou sugerir a parceria da escola com grupos que realizam a coleta seletiva caso a prefeitura não o faça. Caso a escola já disponha desses recursos, proponham outras soluções criativas e sustentáveis, como a diminuição do uso de copos plásticos.

• Etapa III – Conscientização

Diante dos resultados da pesquisa realizada e dos conhecimentos adquiridos ao longo do Tema, criem uma campanha (informativa ou publicitária) com o título "Somos responsáveis pelo lixo que geramos". O objetivo é apresentar, para a comunidade escolar e entorno, a importância de colocar em prática a desejável política dos "7 Rs" (Reduzir, Repensar, Reciclar, Reutilizar, Recusar, Respeitar, Responsabilizar-se).

Caso a escola não disponha de lixeiras para a coleta seletiva, providenciem latões ou outros recipientes, identificando-os por cores ou cartazes com os materiais referentes a cada um deles (metal, vidro, papel, plástico e orgânico). É fundamental assegurar-se da destinação do material selecionado. Façam pesquisas se em sua cidade ou região existe algum estabelecimento que se proponha a receber o material da escola e se é possível a realização de uma visita às suas instalações. Vocês podem tratar diretamente com catadores de lixo, combinando a entrega e o material a ser selecionado. Se a escola já dispuser desse sistema, foquem na conscientização dos colegas e da comunidade e promovam a reflexão a respeito do consumo, por meio de campanha para diminuição da produção de resíduos, incentivando o uso de canecas ou copos reutilizáveis, por exemplo. Na produção do material para a campanha, é importante produzir cartazes e/ou fazer palestras para esclarecer os problemas locais e globais relacionados ao lixo.

Procurem usar imagens atrativas e linguagem simples nos materiais. Se possível, usem textos curtos, bem-humorados, irônicos ou criativos, com verbos no imperativo, figuras de linguagem, adjetivos e vocativos escolhidos de acordo com o público-alvo.

Para desenvolver essa atividade serão necessárias reuniões e discussões periódicas para acompanhar o desenvolvimento das ideias propostas, que deverão ser combinadas com o professor. Uma forma interessante de guiar o plano de conscientização é selecionar quatro ideias entre as propostas, a fim de que elas sejam aprofundadas e apresentadas pelos grupos para que uma seja escolhida. A forma de apresentação das campanhas para toda a escola, assim como o cronograma para realização dessas fases, deve ser combinadas com o professor.

Tema 2 – Materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Estabelecer relações entre os conceitos de economia circular, desenvolvimento sustentável, Química Verde e Química Orgânica.
- Conhecer um aspecto da influência da cultura indígena na cultura dos colonizadores portugueses e, consequentemente, na construção da identidade brasileira.

MODERNA

- Obter subsídios do ponto de vista da Química para se posicionar diante de propostas relacionadas ao consumo responsável.
- Reconhecer a biomassa como fonte de energia e matéria-prima em um contexto econômico mais sustentável, analisando fórmulas estruturais e reações químicas.
- Analisar vantagens e desvantagens dos métodos de obtenção e formas de uso de biocombustíveis e polímeros, em razão de sua estrutura molecular, propriedades físico-químicas e impactos ao ambiente.
- Examinar propriedades dos materiais e realizar previsões, interpretando modelos explicativos, representações submicroscópicas e dados experimentais para avaliar e justificar escolhas no uso de fontes de matéria-prima e de energia.
- Avaliar, de acordo com os pontos de vista socioambiental, político e econômico, a dependência da sociedade em relação aos recursos não renováveis e a necessidade de introdução de alternativas mais sustentáveis.

Subsídios para o planejamento

O Tema 2 deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Química**. O foco deste Tema é relacionar e desenvolver conceitos de Química Orgânica, sobretudo dos álcoois, ésteres e polímeros, com os princípios do modelo econômico circular e da Química Verde. Vale destacar que as propriedades reatividade, estrutura e nomenclatura dos compostos orgânicos são apresentadas à medida que as funções orgânicas aparecem durante os vários volumes desta obra.

A sequência didática sugerida para este Tema baseia-se na estrutura proposta e adaptada por Mortimer e Scott (2002) para o desenvolvimento da argumentação científica em sala de aula:

- **Criação de um problema e exploração da visão dos estudantes:** esta etapa é destinada a engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial do Tema, além de explorar as ideias iniciais deles acerca dos conteúdos abordados.
- **Introdução e desenvolvimento das ideias científicas:** esta etapa visa a discussão e a socialização das ideias científicas necessárias para a compreensão do Tema.
- **Internalização, aplicação e generalização das ideias científicas:** esta etapa é destinada a dar oportunidade aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias científicas por meio de discussões em pequenos grupos. Além disso, encoraja-os a aplicar as ideias científicas aprendidas a uma variedade de contextos e transfere a eles o controle e a responsabilidade pelo uso dessas ideias.

Além dessa estrutura, sugere-se que a abordagem comunicativa em sala de aula seja preferencialmente interativa e dialógica. Para isso, o professor e os estudantes devem explorar ideias, formular perguntas e considerar diferentes pontos de vista. Na prática, prefira usar o plural "nós" em suas intervenções para indicar uma voz compartilhada com a turma. Exemplos: "Onde nós chegamos até agora?"; "O que nós podemos concluir agora..."; "Nós entendemos que...". Lembre-se sempre de acolher os diferentes pontos de vista da turma e colocá-los em debate. Em alguns momentos, será necessário conduzir os estudantes por meio de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico, o ponto de vista científico, ao qual os estudantes não chegariam sozinhos. Esse tipo de discurso se caracteriza como interativo e de autoridade, mas é igualmente importante para a construção das ideias científicas em sala de aula. Ao final de cada intervenção, é interessante sistematizar as ideias que foram discutidas. Para isso, geralmente, utiliza-se um discurso não interativo e de autoridade, uma vez que o professor apresenta um ponto de vista específico. Dessa forma, um ritmo de discurso interessante de trabalhar, e sugerido nessa sequência de ensino, pode ser caracterizado em torno das etapas repetidas de **discutir/trabalhar/rever**. Na **discussão**, todas as ideias são acolhidas e diferentes pontos de vista são considerados. Ao **trabalhar** as ideias científicas, conduza os estudantes por meio de perguntas e respostas que os levem a incorporar as ideias científicas mais importantes. Ao **rever**, sistematize as ideias debatidas e trabalhadas anteriormente para que os estudantes incorporem pouco a pouco o discurso científico discutido e trabalhado em sala de aula.

• Criação de um problema e exploração da visão dos estudantes

Na primeira etapa, recupere com os estudantes o registro e a discussão da pergunta que consta no boxe **Pense nisso!** na abertura da Unidade: "Quais foram os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da utilização do plástico como um novo material em substituição ao vidro e aos metais?". Você pode ampliar as discussões e fazer a mesma pergunta pensando também na utilização de combustíveis fósseis: "Quais foram os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da utilização de combustíveis fósseis?". Em um primeiro momento, debata com os estudantes deixando-os falar livremente, acolhendo todas as ideias da turma e registrando-as no quadro de giz. Continue ampliando as discussões por meio de perguntas como: "Existem alternativas sustentáveis ao uso de polímeros (comente que plásticos são um tipo de polímeros) e combustíveis fósseis?"; "O que nós sabemos sobre isso?"; "O que nós precisamos estudar sobre esse assunto?"; "O que nos faz querer explorar mais o assunto?". É importante que nessa etapa a abordagem comunicativa seja interativa e dialógica, e as diferentes visões dos estudantes sejam acolhidas. Esse é um momento de **discussão**.

• Introdução e desenvolvimento das ideias científicas

Nesta etapa, divida o Tema em seis assuntos para estudo. São eles: modelo econômico circular; Química Verde; biocombustível: etanol; biocombustível: biodiesel; polímeros verdes; e biodegradação e reciclagem. Peça aos estudantes que pesquisem, no período extraclasse, esses conteúdos em diferentes fontes para criar um ambiente com diversas classes de discursos. A proposta sugerida é: 1. Livro do estudante; 2. fontes confiáveis de pesquisa científica: as plataformas da *Scielo*, do portal da *Capes*, o buscador das revistas *Química Nova* e *Química Nova na Escola*, da *Revista Pesquisa Fapesp*, entre outras; 3. material indicado no boxe da seção **Fique por dentro**; 4. canções, literatura e artes em geral. São exemplos o poema "O rio", de João Cabral de Melo Neto, que retrata o efeito da expansão dos canaviais sobre a mata nativa, e a canção "Movido a água", de Itamar Assumpção. Esses tipos de ação são importantes

EM MODERNA

para o desenvolvimento das **Competências Gerais 4, 5 e 7**, visto que ajudam a desenvolver a capacidade crítica dos estudantes de buscar informações confiáveis utilizando tecnologias digitais da informação e comunicação e de se expressar usando diferentes formas de linguagem. Para melhor orientar os estudantes, peça a eles que, em suas pesquisas e estudos, tentem responder às perguntas a seguir, que funcionarão como um roteiro de estudo.

1. Qual é a importância da Química para a economia circular?
2. É possível que os bens de hoje se tornem os recursos de amanhã? O velho pode se tornar novo outra vez? Pesquise um exemplo.
3. Os biocombustíveis podem ser considerados combustíveis limpos?
4. Qual é o processo utilizado para obter etanol a partir da cana-de-açúcar? Por que podemos considerar esse material renovável?
5. Proponha uma hipótese sobre a razão de o metanol ter menor poder calorífico que o etanol.
6. Você sabe reconhecer a função orgânica do etanol do ponto de vista estrutural? E as funções éster e éter?
7. Por que o etanol se solubiliza tanto em água como em gasolina?
8. Qual é o produto de uma desidratação intramolecular de um álcool? E de uma desidratação intermolecular?
9. Por que os óleos vegetais apresentam alta viscosidade?
10. Como se dá uma reação de esterificação? E uma transesterificação?
11. Qual é o produto de uma hidrólise básica de uma gordura? Qual é a principal função do material produzido?
12. Por que a recuperação de óleos de fritura para a produção de biodiesel pode se enquadrar nos princípios da economia circular?
13. Preveja e compare as solubilidades em água e as temperaturas de ebulição de ésteres e álcoois com o mesmo número de carbonos.
14. O que são polímeros? E polímeros verdes? Dê exemplos dos dois casos.
15. Como acontece o processo de polimerização? Exemplifique os principais mecanismos.
16. O que significa um material ser biodegradável?
17. Como identificar os polímeros que podem ser reciclados? E os que podem ser biodegradados?

Se necessário, reserve algumas aulas para que os estudantes façam suas pesquisas no laboratório de informática da escola, com seus *smartphones* ou em revistas, e respondam ao roteiro de estudo. Ao final, organize-os em grupos para que discutam as questões do roteiro e suas principais dúvidas e dificuldades. Essa estratégia tende a favorecer o desenvolvimento das **Competências Gerais 7 e 9**, uma vez que os estudantes são levados a praticar o diálogo e a argumentação baseados em diversas informações e ao mesmo tempo com empatia e respeito entre as trocas. Essa atividade demanda dos estudantes a participação ativa no processo de aprendizagem. Durante as discussões em grupo, circule pela sala de aula observando a postura dos estudantes e procure orientá-los na busca das respostas. Incentive-os a registrar as observações pessoais no caderno. Depois disso, oriente os grupos a expor suas conclusões para a turma, aproveitando o momento para dirimir as dúvidas e esclarecer os conceitos. Siga a estrutura comentada anteriormente – **discutir/trabalhar/rever** – para cada pergunta do roteiro de estudos. A seguir fazemos alguns comentários para além do Livro do estudante, visando ajudá-lo com as discussões.

Sobre o modelo econômico circular, é possível ampliar a discussão com os estudantes sobre as possibilidades da Química na solução de problemas de resíduos industriais, respondendo a aspectos de degradabilidade ambiental, economia de energia e recursos naturais, assim como a possibilidade de reciclagem e remanufatura de bens de consumo e pós-consumo. A ideia é a fabricação de produtos que possam ser utilizados para a produção de bens com ciclos múltiplos de uso e processos de produção mais eficientes. Além disso, é preciso problematizar a necessidade de políticas públicas e tomada de consciência de empresas e consumidores para a implementação efetiva da economia circular. Essas discussões visam à promoção da habilidade **EM13CNT309**, que trata de avaliar, sob vários prismas, a dependência da sociedade em relação aos recursos naturais não renováveis e a crescente necessidade de introdução de alternativas sustentáveis. Se desejar e for possível se aprofundar nessas discussões com os estudantes, consulte o trabalho de Ferreira, Silva e Ferreira (2017) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Destaque como os conceitos de Química Verde e economia circular se relacionam. Entre os doze princípios da Química Verde, estão a prevenção da geração de resíduos (pois evitá-los é melhor ambientalmente do que tratá-los), a síntese de produtos menos perigosos, o desenho de produtos e solventes seguros, a eficiência energética, o uso de fontes renováveis de matéria-prima, o desenho de produtos para a degradação, a análise para prevenção da poluição e de acidentes. Ou seja, tanto o conceito de economia circular quanto o de Química Verde tentam responder aos desafios atuais, confluindo na ideia de desenvolvimento sustentável. Essas discussões são valiosas para o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 7 e 10**, porque visam promover o estabelecimento de relações entre os conceitos de economia circular, Química Verde e desenvolvimento sustentável sob o enfoque da Química, para posicionar-se diante de propostas relacionadas ao consumo sustentável. Se desejar se aprofundar, a revista *Química Nova* traz alguns artigos em que são discutidos os princípios e o conceito de Química Verde. Entre eles, destacamos o artigo de Lenardão *et al*. (2003), que pode ser usado como fonte de pesquisa e está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Explore com os estudantes as estruturas de ésteres, álcoois e polímeros, estabelecendo relações entre essas classes funcionais por meio das reações químicas. Mostre que o etanol e o metanol obtidos por biomassa podem ser utilizados na preparação do biodiesel e de polímeros importantes, relacionando-os com o desenvolvimento sustentável. Essas discussões são importantes para a promoção das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT309**, uma vez que levam os estudantes a reconhecer a biomassa como fonte de energia e matéria-prima em um contexto mais sustentável.

Estudos sobre os biocombustíveis indicam que esse assunto tem grande veiculação nas diferentes mídias, portanto é provável que os estudantes tenham algum conhecimento

EM MODERNA

sobre ele. Entretanto, o que é divulgado nas mídias é ainda superficial, o que torna necessário um posicionamento crítico do professor, mudando a pergunta de "o que aparece" para "como aparece". Dessa forma, sugere-se que esse assunto seja abordado em sala de aula sob diferentes enfoques, incluindo aspectos associados às problemáticas energética e ambiental. Ainda nesses estudos, discutem-se as limitações de assuntos importantes, como o dos biocombustíveis em termos das possíveis relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), indicando que, em geral, professores e estudantes apresentam uma visão puramente salvacionista ou catastrófica de Ciência e Tecnologia. Dessa forma, sugere-se que o assunto seja problematizado, para considerar seus aspectos positivos e negativos, como é apresentando no Livro do estudante. Um exemplo é que a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar não teve, obrigatoriamente, como uma visão salvacionista da Ciência indicaria, a melhoria da vida no campo, tendo em vista que sua produção está associada a latifúndios que inibem o cultivo em pequenas propriedades rurais. Além disso, aparentemente, professores e estudantes tendem a ter uma visão apenas naturalista do ambiente, esquecendo-se de considerar fatores sociais e humanos ao discutir problemas ambientais. Desse modo, a fome poderia ser uma temática trabalhada dentro do assunto dos biocombustíveis como problema ambiental, conforme mostra o Livro do estudante, sobretudo ao considerarmos os riscos com a segurança alimentar. Se achar conveniente aprofundar essas discussões entre as relações CTSA na temática dos biocombustíveis, consulte o trabalho de Lindemann *et al*. (2009), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Para a promoção das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT203**, destaque principalmente as reações de obtenção dos biocombustíveis e dos polímeros relacionando suas propriedades, aplicações e possíveis impactos ambientais com suas estruturas e interações intermoleculares, confrontando os aspectos macroscópicos desses materiais com seus modelos estruturais, reatividade e propriedades físico-químicas.

Outro aspecto importante na discussão é a referência aos biocombustíveis como limpos, ecologicamente corretos ou verdes. De fato, a melhor nomenclatura seria considerá-los renováveis, ou aqueles que produzem um balanço de carbono igual a zero para a atmosfera, em comparação com os combustíveis fósseis, já que todo carbono produzido é renovado na formação da biomassa. Entretanto, para aprofundar a análise, é preciso pensar nos outros elementos envolvidos na formação da biomassa, como o enxofre, o nitrogênio, o fósforo e o potássio, principais envolvidos no processo de crescimento dos vegetais, que devem ser incorporados anualmente ao solo na forma de adubos. Como resultado desse processo, deixa de existir a condição de balanço igual a zero para esses elementos. Entre os possíveis problemas ambientais dessa prática estão a formação da chuva ácida e a contaminação do solo e dos cursos de água pelo desbalanceamento do ciclo do nitrogênio. Para uma discussão mais aprofundada, consulte o trabalho Cardoso, Machado e Pereira (2008), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

O texto "O banho, essa novidade", presente no **boxe+** do Livro do estudante, permite que os estudantes percebam a influência indígena no hábito de tomar banho, promovendo assim o desenvolvimento da **Competência Geral 6**. Se possível, explore com eles outros aspectos presentes no texto "Xampus", como o histórico dos sabões e dos detergentes, o efeito desses agentes de limpeza de cabelos, discutindo a composição química desses materiais que atua na remoção da gordura presente no cabelo e no couro cabeludo.

Se desejar se aprofundar mais sobre zeólitas e polímeros biodegradáveis para discussão com os estudantes, há indicação de dois textos na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*: o artigo de Franchetti e Marconato (2006), que discute as estruturas e as propriedades de polímeros biodegradáveis naturais e sintéticos, e o trabalho de Mascarenhas, Oliveira e Pastore (2001), que discute estruturas, propriedades e exemplos de aplicações de zeólitas e peneiras moleculares para ilustrar a importância e o potencial tecnológico desses materiais.

Alguns trabalhos apontam que, em geral, os estudantes apresentam dificuldades com a Química Orgânica por estar, historicamente, voltada à memorização da nomenclatura e ser ensinada de maneira descontextualizada e fragmentada. Dessa forma, evite que os estudantes a percebam como um assunto "separado" da Química. Leve-os a relacionar as propriedades dos materiais estudados aos seus modelos de ligação, estrutura e interações intermolecular. Além disso, a abordagem escolhida para este Tema deve permitir a contextualização dos conteúdos. Note que o estudo de cada função orgânica deve estar atrelado ao estudo de suas propriedades, reatividade e estrutura, estabelecendo relações entre o mundo macroscópico e os modelos submicroscópicos que explicam suas propriedades e reatividade. Dê especial atenção aos modelos de interações intermoleculares, pois é da interação entre as moléculas que são manifestadas as propriedades dos materiais discutidos no Tema. Essas discussões visam à promoção das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT307**, que tratam da relação entre as propriedades dos materiais e seus modelos de explicação submicroscópicos para avaliar e justificar seus usos como fontes de energia ou como matéria-prima na produção de materiais mais sustentáveis.

Respostas do roteiro de estudo

1. O modelo econômico circular tem como objetivo reincorporar à cadeia produtiva o que antes era considerado resíduo, por meio do reúso e da reciclagem. A Química pode ajudar a (re)pensar em maneiras de economizar recursos naturais, empregando os processos de reciclagem e transformação de resíduos em matéria-prima secundária ou o uso de biomassas renováveis na produção de combustíveis renováveis, na produção de polímeros verdes, fármacos, alimentos, entre outros. Com os avanços da Química Verde, a ideia de empregar sínteses que evitem a produção de resíduos passa a ser viável, além de possibilitar a previsão de economia de energia e a prevenção de formação de produtos tóxicos, bioacumulativos e persistentes.
2. Resposta variável. Os estudantes podem citar pneus usados inservíveis, que podem ser reutilizados como combustíveis nas indústrias de cimento, por exemplo. Qualquer processo que reutilize/recicle/remanufature recursos pode se encaixar nos princípios do modelo econômico circular.
3. A melhor palavra para designar os biocombustíveis é renovável. A designação "combustível limpo" é complexa e depende de uma variedade de fatores, como a adubação do solo para o plantio da soja e da cana-de-açúcar, que pode

REPRODUÇÃO

alterar o ciclo do nitrogênio. Os processos de combustão também tendem a produzir gases tóxicos de nitrogênio na atmosfera.

4. A cana-de-açúcar passa por processos de lavagem, trituração e moagem para a obtenção do caldo de cana. Ao caldo, são adicionados microrganismos que transformam os glicídios em etanol e CO_2. A mistura obtida é então destilada para a obtenção do etanol hidratado, que pode ser desidratado pelo emprego de zeólitas, produzindo o etanol anidro. A combustão do etanol produzirá CO_2 e H_2O, que podem ser reutilizados no crescimento da cana-de-açúcar pelo processo de fotossíntese das plantas. O material pode então ser considerado renovável, pois todo o carbono é renovado no ciclo.
5. A combustão de álcoois envolve o rompimento de ligações que apresentam energia de ligação menor, por exemplo, C—H, C—O, C—C, e a formação de ligações que apresentam energia de ligação maior, como C═O, sendo, portanto, reações exotérmicas. O metanol produzirá menor quantidade, em mol, de ligações C═O se comparado com o etanol; portanto, tem menor poder calorífico.
6. Um álcool é um composto que apresenta o grupo funcional hidroxila (—OH) ligado a um átomo de carbono saturado, caracterizado pela estrutura R—OH. A função orgânica éster deriva dos ácidos carboxílicos pela substituição do grupo hidroxila por grupos alcoxi ou ariloxi (—OR') oriundos de álcoois, caracterizada pela estrutura R—COOR'. Os éteres são caracterizados pela estrutura R_1—O—R'. Nas estruturas gerais, R e R' correspondem a cadeias carbônicas que podem ser iguais ou diferentes.
7. O etanol é um álcool de cadeia curta. Seu grupo hidroxila é polar, podendo realizar interações do tipo ligações de hidrogênio com a água, apresentando afinidade com esse solvente. Já sua cadeia carbônica é apolar, podendo realizar interações do tipo forças dispersivas de London com um solvente apolar como a gasolina. Quanto maior a cadeia carbônica, maior a afinidade do álcool por solventes apolares e menor a afinidade por solventes polares e vice-versa. O etanol tem tamanho ideal para apresentar interações favoráveis com os dois tipos de solvente.
8. Uma desidratação intramolecular ocorrerá por um mecanismo de eliminação e produzirá um alceno. Já uma desidratação intermolecular ocorrerá por um mecanismo de substituição, produzindo éteres.
9. Os óleos vegetais são ésteres de cadeias carbônicas longas e têm alta massa molecular. Essas cadeias interagem entre si por meio de forças dispersivas de London. Dessa forma, o óleo apresentará resistência ao escoamento, apresentando, então, alta viscosidade.
10. Uma reação de esterificação é aquela que ocorre entre um ácido carboxílico e um álcool, em que o grupo hidroxila do ácido é substituído por um grupo alcoxi ou ariloxi oriundo do álcool, formando um éster e eliminando água. Já na transesterificação, um éster reage com um álcool, produzindo um novo éster, que contém uma nova cadeia carbônica proveniente do álcool, além de produzir um novo álcool.
11. A hidrólise básica de uma gordura leva à produção de um sabão. Por terem em sua estrutura tanto uma parte hidrofílica como uma lipofílica, os sabões são ótimos agentes de limpeza.
12. O uso de resíduos recuperados para a produção de um novo produto já consiste em uma etapa importante da economia circular. O óleo de fritura usado pode ser filtrado e, pelo processo de transesterificação, produzir biodiesel e glicerina. A glicerina pode ser usada em inúmeras aplicações na indústria de cosméticos, e o biodiesel pode ser usado como combustível de automóveis, por exemplo. Na combustão do biodiesel, serão formados principalmente CO_2 e H_2O, principais substâncias para a fotossíntese de plantas. Os óleos vegetais podem, assim, ser extraídos para o uso no preparo de alimentos e, depois, reaproveitados nesse ciclo.
13. Álcoois que contêm a mesma estrutura molecular que ésteres apresentarão maior solubilidade em água e maiores temperaturas de ebulição que os ésteres, visto que interagem entre si e com a água por meio das ligações de hidrogênio, pela presença do grupo hidroxila (—OH) em sua estrutura. Os ésteres por sua vez, interagem entre si por meio das forças de Keesom, interação mais fraca que as ligações de hidrogênio. Com a água, os ésteres realizarão menor número de ligações de hidrogênio se comparados com os álcoois, já que os ésteres não apresentam átomos de hidrogênio ligados aos de oxigênio em sua estrutura.
14. Polímeros são macromoléculas constituídas de unidades menores que se repetem ao longo da estrutura. Os polímeros podem ser obtidos de fontes renováveis ou fósseis. Os obtidos de fontes renováveis, como o polietileno e o poli(tereftalato de etileno) produzidos a partir do etanol de cana-de-açúcar, podem ser denominados de polímeros verdes, tendo em vista que causam menos impactos ambientais do que os polímeros sintetizados a partir do petróleo. Os próprios polietileno e poli(tereftalato de etileno) também podem ser produzidos por essa rota sintética.
15. Os processos mais comuns de polimerização envolvem a formação de radicais livres, por homólise de ligações covalentes; de carbocátions, por heterólise de ligações covalentes; e por reação de condensação, em que duas moléculas pequenas se unem formando uma molécula maior e eliminando uma molécula menor, como H_2O ou HCl.
16. Um material biodegradável é aquele que pode ser decomposto pela ação de microrganismos sob condições favoráveis de temperatura, umidade, luminosidade, pH, concentração de gás oxigênio, nutrientes orgânicos e inorgânicos adequados.
17. Polímeros de cadeias não reticuladas, que não apresentam ligações covalentes, difíceis de romper, entre as cadeias poliméricas, podem ser termoflexíveis, tornando-se passíveis de ser reciclados. Os polímeros biodegradáveis sofrem mais facilmente a ação de microrganismos, por conterem funções orgânicas em suas cadeias alifáticas: carbonilas, hidroxilas, ésteres, hidroxiácidos, mais suscetíveis à ação enzimática.

- **Internalização, aplicação e generalização das ideias científicas**

Nesta última etapa, oriente os estudantes a se organizarem em pequenos grupos para trabalhar com as ideias aprendidas anteriormente. Primeiro, peça aos grupos que

PROIBIDA

discutam e resolvam os exercícios da seção **Atividades** do Livro do estudante e entreguem as respostas a você. Aproveite o momento para circular entre os grupos e verificar quais dificuldades ainda não foram resolvidas. Motive a participação de todos os estudantes do grupo. Ao receber os exercícios resolvidos, proponha um *feedback* formativo, destacando positivamente as aprendizagens deles e orientando-os a superar as dificuldades restantes, corrigindo os equívocos. Em seguida, peça a cada estudante que explore a seção **Reflita sobre seu aprendizado!** avaliando suas compreensões sobre o Tema. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como do autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**.

Para finalizar, retome o trabalho em grupo com os seis assuntos abordados anteriormente (modelo econômico circular, Química Verde, biocombustível: etanol, biocombustível: biodiesel, polímeros verdes e biodegradação e reciclagem). Cada grupo deverá se responsabilizar por um desses assuntos para elaborar um vídeo que contemple os principais conceitos necessários para a compreensão do conteúdo, utilizando exemplos práticos e reais. Solicite aos grupos que produzam vídeos de 5 a 10 minutos e que esses materiais sejam hospedados em um servidor gratuito de *streaming*. Os vídeos podem conter *slides* explicativos. Oriente-os a utilizar programas de edição gratuitos, como os aplicativos Filmora e *Movie Maker*. Essa estratégia contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13LP17** e **EM13LP18** e pode contar com o apoio do professor do componente curricular **Língua Portuguesa**.

Ao final, peça aos estudantes que compartilhem o *link* do vídeo com toda a sala e oriente-os a avaliá-los com uma nota de 0 a 10, com base nos seguintes critérios: criatividade, elaboração, conteúdo e linguagem. Essa estratégia pode promover o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 5**, tendo em vista que os estudantes utilizarão diferentes linguagens para se expressarem e partilhar informações para produzir vídeos de forma criativa, exercendo protagonismo e autoria.

Tema 3 – Pilhas e baterias comerciais

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar o princípio de funcionamento de pilhas e baterias comerciais, bem como a importância para o ambiente do descarte adequado e do uso de dispositivos que sejam recarregáveis.
- Utilizar o valor de ddp para prever a espontaneidade de reações de oxirredução.
- Descrever os processos químicos básicos envolvidos em uma célula eletroquímica e representar uma célula eletroquímica por esquemas e equações químicas.
- Relacionar a composição de diferentes tipos de pilhas e baterias comerciais aos seus usos e impactos sociais e ambientais.
- Relacionar alguns aspectos do desenvolvimento histórico da eletroquímica ao contexto social, científico e tecnológico.
- Explicar a diferença de potencial (ddp) e potencial-padrão.
- Calcular a ddp de uma pilha com base nos valores de potencial-padrão.

Subsídios para o planejamento

O Tema 3 trata do funcionamento e das questões ambientais envolvendo pilhas e baterias comerciais, devendo, portanto, ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**.

Para trabalhar com este Tema e garantir que os estudantes se responsabilizem diretamente pelo seu aprendizado, sugere-se o uso de elementos da sala de aula invertida e a utilização de mapas conceituais como estratégias didático-metodológicas. Dessa forma, a seguinte estrutura é sugerida para constituir o planejamento das aulas:

- **Etapa 1:** problematização do Tema seguida de estudo e realização de pesquisas acerca do seu conteúdo teórico, que deverão ser realizados individualmente por cada estudante no período extraclasse.
- **Etapa 2:** discussão, em sala de aula, do conteúdo estudado em pequenos grupos de estudantes.
- **Etapa 3:** discussão do conteúdo com a turma, atentando para as dúvidas, dificuldades, concepções alternativas e equívocos conceituais desenvolvidos pelos estudantes.
- **Etapa 4:** elaboração de mapas conceituais pelos estudantes como ferramenta de avaliação da aprendizagem e produção de cartazes informativos.

1ª etapa

Inicie a etapa explicando aos estudantes que o estudo do conteúdo teórico acerca do Tema deverá ser realizado em período extraclasse e que a sala de aula será utilizada como espaço para discussão, esclarecimento de dúvidas e de dificuldades, assim como espaço colaborativo de aprendizagem para realização de atividades. Proponha a seguinte problematização que deverá nortear os estudos e pesquisas dos estudantes: "Por que não devemos descartar pilhas e baterias no lixo comum? O que faz desses dispositivos tão essenciais para o estilo de vida contemporâneo ao mesmo tempo que apresentam riscos à saúde e ao ambiente quando usados e descartados incorretamente?". O objetivo é que eles compreendam o princípio de funcionamento desses dispositivos e a importância ambiental do descarte adequado e do uso de dispositivos que sejam recarregáveis, desenvolvendo assim as **Competências Gerais 1 e 10**.

Em seguida, indique o texto do Tema 3 do Livro do estudante como principal fonte de estudo, em especial, os textos da seção **Fique por dentro**. Mas não deixe de sugerir outras fontes de leitura, vídeos e atividades complementares. Se julgar conveniente, indique os vídeos "Pilha de Daniell", do canal Pontociência, para que os estudantes compreendam o funcionamento desse dispositivo; e os vídeos do CCEAD da PUC-RJ "Tudo se transforma – pilhas e baterias" e "A Química do fazer – pilhas e baterias", que promovem uma contextualização histórica de pilhas e baterias, além de apresentar como é a montagem e esclarecer conceitos relacionados ao funcionamento desses dispositivos. Os acessos para esses vídeos estão indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

MODERNA

Esses conteúdos, além de complementar as discussões, favorecem o uso de tecnologias digitais e, portanto, auxiliam no desenvolvimento da **Competência Geral 5**. Outro aspecto importante é o papel das usinas de reciclagem na mitigação dos impactos ambientais decorrentes da produção e do uso desses materiais.

Uma outra sugestão é a leitura do artigo "O bicentenário da invenção da pilha elétrica", de Tolentino e Rocha-Filho (2000), também indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Esse material permite o aprofundamento do contexto histórico da invenção da primeira pilha, além de apresentar as discussões entre dois cientistas importantes, Galvani e Volta, durante o processo de criação desse dispositivo. O trabalho com esse texto permite que os estudantes enxerguem a ciência como um espaço de debate, feita por vários cientistas que buscam resolver um mesmo problema, mobilizando o desenvolvimento da **Competência Geral 1** e parcialmente a **Competência Geral 2**, que trata do pensamento científico, crítico e criativo.

Se possível, combine com os professores da área de Linguagens e suas Tecnologias de trabalharem a obra *Frankenstein*, de Mary Shelley, de 1818, que influenciou o desenvolvimento deste Tema. Esse tipo de atividade possibilita desenvolver parcialmente a **Competência Geral 3**, permitindo que os estudantes valorizem diversas manifestações artísticas e culturais. Além dessas indicações, oriente-os a realizar as próprias pesquisas para aprofundar os conceitos que estão presentes neste Tema, sempre em fontes confiáveis, como as plataformas da *Scielo* e do portal da *Capes*. Esse exercício favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 5 e 7**, uma vez que os estudantes são motivados a desenvolver o posicionamento crítico e lógica argumentativa com base em dados e fatos confiáveis. Para melhor orientar os estudantes, peça a eles que anotem no caderno os pontos mais importantes, as dificuldades e as dúvidas que surgirem dos assuntos estudados.

- **2ª etapa**

Inicie o estudo dessa etapa organizando os estudantes em pequenos grupos para que discutam, aprimorando seus aprendizados, esclarecendo dúvidas e superando dificuldades. Durante essa discussão, eles terão a oportunidade de expressar seus conhecimentos de forma argumentativa e por meio de novas ideias científicas, desenvolvendo a **Competência Geral 7**. Além disso, a prática do diálogo e a troca de conhecimentos e pontos de vista, propiciadas pela atividade em grupo, permite o desenvolvimento, por sua vez, da **Competência Geral 9**.

Em seguida, oriente os estudantes a responder os questionamentos a seguir, e a compartilhar as respostas com seus colegas de grupo: 1. "O que eu aprendi durante os estudos?"; 2. "Quais são os pontos principais que eu gostaria de destacar para o grupo?"; 3. "Quais foram minhas principais dificuldades durante os estudos?"; 4. "O que me falta compreender adequadamente?". Nesse momento, incentive-os a se ajudarem com as dificuldades, criando um ambiente colaborativo de aprendizagem.

Durante a realização dessa atividade, circule entre os grupos verificando o empenho, fazendo pontuações, corrigindo possíveis equívocos e dirimindo as dúvidas que restaram. Incentive os estudantes a refletir a respeito do que aprenderam e das suas dificuldades, através de novas perguntas e orientações que possam ser pesquisadas no Livro do estudante ou em outras fontes, evitando dar respostas prontas.

Após essa primeira rodada de discussões, peça aos grupos que façam os exercícios da seção **Atividades** do Livro do estudante e, que lhe entreguem, em folha separada, as resoluções. Proponha uma avaliação formativa para cada grupo, destacando positivamente os acertos e indicando em que podem melhorar, os equívocos e as compreensões inadequadas. Essa avaliação irá direcionar o planejamento da próxima etapa, que trabalha justamente as principais dificuldades e concepções alternativas dos estudantes.

- **3ª etapa**

Nesta etapa, organize uma roda de conversa para discutir o Tema com a turma. Inicialmente, procure saber quais foram os aprendizados e o que cada estudante gostaria de destacar sobre seus estudos e pesquisas, durante as discussões em grupo e na realização dos exercícios. Em seguida, verifique as dúvidas que ainda restaram e fique atento aos possíveis equívocos conceituais. Retome a questão da problematização e deixe-os responder livremente. Nesse primeiro momento, promova um discurso interativo e dialógico, acolhendo todas as visões e ideias dos estudantes, anotando no quadro de giz palavras-chave que sintetizem suas ideias. Recomende que os estudantes façam o mesmo no caderno. Ao final, sistematize as ideias do Tema revendo o que foi aprendido. A seguir apresentamos alguns comentários para ajudá-lo nas discussões com os estudantes.

Sobre as dificuldades com o Tema, o Quadro 1 do artigo de Goes, Fernandez e Agostinho (2016) apresenta as principais concepções alternativas encontradas na literatura internacional sobre a temática eletroquímica. Esses estudos mostram que os estudantes apresentam dificuldades com a terminologia e representação do conteúdo, o que impede a identificação do agente redutor e do agente oxidante e a compreensão equivocada de que as semirreações de oxidação e redução ocorrem de forma independente. Os estudantes também mostram dificuldade em compreender o papel da ponte salina na estabilização das cargas elétricas entre as semicélulas por meio da transferência de íons entre elas. Ressalte que esse mecanismo de estabilização está atrelado à transferência de elétrons, que ocorre em meio sólido e não em solução aquosa. Sugerimos a leitura completa desse artigo, indicado na seção de *Apoio ao trabalho pedagógico*, e, se possível, de suas referências para planejar esse momento de discussão com a turma.

Para que os estudantes compreendam a Ciência como um trabalho longo e coletivo, explore com eles o surgimento da primeira pilha elétrica. Essas discussões são importantes para o desenvolvimento da **Competência Geral 1** e da habilidade **EM13CNT106**, pois tratam de aspectos do desenvolvimento histórico da eletroquímica relacionados ao seu contexto social, científico e tecnológico. Apesar de interpretações consideradas inadequadas para os dias de hoje, Galvani e Volta, entre outros cientistas, contribuíram para o desenvolvimento da primeira pilha elétrica. Isso ainda em um contexto de urbanização, crescimento populacional e revolução industrial europeu, onde um sistema de comunicação era fundamental para a época.

Essa discussão pode ser aprofundada com o apoio dos professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e, assim, desenvolver a habilidade **EM13CHS504**, que aborda os aspectos políticos, tecnológicos e culturais do período histórico em que viveram Galvani e Volta. Ressalte como a descoberta da eletricidade levou à modificação do estilo de vida das pessoas. Caso julgue conveniente, amplie a discussão focando no avanço da Ciência e da tecnologia, assim como suas repercussões na sociedade em diferentes tempos sociais e lugares distintos.

Para uma discussão aprofundada sobre o invento da primeira pilha elétrica e as relações entre a eletricidade e a Química, consulte os trabalhos de Tolentino e Rocha-Filho (2000) e Oki (2000) indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Os eletrodos constituem uma interface entre um condutor eletrônico (metal ou semicondutor) e um condutor iônico (eletrólito). Nessa interface, necessariamente, existe uma diferença de potencial, causada pela distribuição não homogênea de cargas. Um agrupamento de pilhas em série fornece maior potencial elétrico e um agrupamento de pilhas em paralelo fornece maior corrente elétrica. Assim, se cada pilha fornece 1,5 V de potencial, um agrupamento de 4 dessas pilhas em paralelo produzirá uma corrente 4 vezes maior. Já um agrupamento em série fornecerá a mesma corrente elétrica, mas um potencial elétrico de 6,0 V. Além de entender o princípio de funcionamento das pilhas e baterias, verifique se os estudantes compreenderam o tópico **Representação esquemática para uma pilha** no Livro do estudante segundo a padronização da IUPAC, visando ao desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**. Certifique-se também de que são capazes de conceituar a diferença de potencial elétrico existente em uma pilha e saibam calculá-lo a partir de tabelas potenciais-padrão de redução para prever a espontaneidade desse processo, desenvolvendo assim a **Competência Geral 7** e a habilidade **EM13CNT107**.

Durante a apresentação das pilhas e das baterias comerciais existentes no mercado nacional, mencione o princípio de funcionamento, a composição e os riscos que representam aos consumidores e ao meio ambiente. Discuta a presença de metais potencialmente tóxicos e bioacumulativos encontrados nos dispositivos de zinco-manganês, chumbo-ácido e níquel-cádmio. Se julgar necessário se aprofundar sobre o funcionamento e problemas ambientais dos principais dispositivos que aparecem no Livro do estudante, acesse o artigo de Bocchi, Ferracin e Biaggio (2000), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Além disso, a leitura da Resolução CONAMA n. 401 é interessante para realizar as discussões socioambientais com os estudantes, o que favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT307** e **EM13CHS304**, uma vez que eles vão relacionar a composição de diferentes tipos de pilhas e baterias comerciais aos usos e impactos sociais e ambientais.

Ainda, a leitura do livro leva o estudante a entender e a refletir sobre a importância do descarte correto das pilhas e baterias, promovendo o cuidado consigo e com a comunidade ao incentivar a responsabilidade com o ambiente, o que favorece o aprofundamento da **Competência Geral 10**.

Peça que os estudantes consultem a tabela de potenciais-padrão de redução e observem o valor para o eletrodo de lítio. Explique que o fato de as baterias de íons lítio fornecerem maior quantidade de energia, serem mais leves e miniaturizáveis se comparadas às outras baterias deve-se ao lítio ter o potencial de eletrodo padrão bastante negativo e ser o mais leve dos metais. Dessa forma, essas baterias podem ser utilizadas em equipamentos como celulares, computadores, equipamentos médicos e até carros elétricos. Mencione que a desvantagem é que o lítio é um metal muito reativo com a água e o ar, sendo necessário o desenvolvimento de eletrólitos não aquosos para seu funcionamento. Essa foi e é uma das pesquisas mais importantes para o desenvolvimento dessas baterias: o emprego de eletrólitos para melhorar a segurança dos usuários dessas baterias através de eletrólitos poliméricos sólidos, poliméricos géis, sólidos inorgânicos e líquidos iônicos. A nanotecnologia também possui um papel importante no desenvolvimento de eletrodos adequados, fornecendo maiores áreas superficiais com caminhos mais curtos para os transportes eletrônico e iônico, produzindo reações mais rápidas.

Verifique se os estudantes compreendem as vantagens ambientais de baterias recarregáveis, como o fornecimento de energia limpa, podendo ser empregadas no armazenamento de energia gerada por energia solar e eólica. O contexto da premiação do Nobel de Química de 2019, atribuído à pesquisa que desenvolveu as baterias de íon-lítio, pode ser explorado no âmbito do aquecimento global, uma vez que elas ampliaram as possibilidades de aplicação de fontes elétricas em equipamentos com maior demanda de energia, abrindo o horizonte para a diminuição da dependência da combustão de derivados de petróleo. Essa discussão promove o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**.

- **4ª etapa**

A quarta e última etapa consiste na avaliação do conhecimento declarativo dos estudantes a respeito do conteúdo trabalhado durante o Tema por meio de mapas conceituais.

Os mapas podem ser construídos manualmente ou utilizando *softwares* gratuitos, como o *Cmap Tools*. É necessário que os estudantes estejam treinados na técnica de elaborar bons mapas conceituais para que eles representem adequadamente os conhecimentos declarativos. Para isso, eles precisam conhecer os componentes essenciais do mapa conceitual para manipulá-los adequadamente: a hierarquização, o uso de proposições e a elaboração da pergunta focal. Proponha a elaboração de mapas conceituais a respeito de um tema que os estudantes dominem, como seriados, *videogames*, filmes, músicas etc. Façam um treinamento sistemático para que os estudantes dominem fazer proposições claras, estabelecer a hierarquia entre os conceitos e escolher boas perguntas focais. Depois, peça a eles que elaborem um mapa conceitual de Química sobre um assunto estudado, como algum tópico dentro da temática de reações de oxirredução, assunto que dá base a este Tema. No primeiro, ofereça os conceitos e a pergunta focal. No segundo, apenas a pergunta focal, pedindo aos estudantes que selecionem os conceitos principais. No terceiro, forneça apenas o assunto, pedindo aos estudantes que definam a pergunta focal e os conceitos. Nesse momento, solicite aos estudantes que troquem os mapas conceituais em grupos e discutam os conceitos e proposições gerados. Para seu treinamento prévio e aprofundamento, sugerimos a leitura do artigo de Aguiar e Correia (2013), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, que lhe permitirá aprimorar os trabalhos dos estudantes e avaliar adequadamente os mapas conceituais produzidos por eles.

CÓPIA

Após o trabalho sistemático realizado, solicite a cada estudante que elabore seu mapa conceitual sobre o Tema estudado. Elabore também um mapa como referência, mas não o use como gabarito. Os estudantes podem utilizar outros conceitos relevantes e formar proposições diferentes (porém corretas) daquelas propostas por você. Use os mapas conceituais elaborados por eles para dar um *feedback* individual e um coletivo. É esperado que os mapas facilitem a avaliação de fraquezas conceituais apresentadas pelos estudantes. Na avaliação individual, proponha um *feedback* destacando as proposições e as relações corretas entre os conceitos e indique quais conceitos eles devem revisar ou estudar novamente. No momento do *feedback* coletivo, selecione as principais dificuldades apresentadas pelos estudantes e faça uma revisão dos conceitos, realizando o fechamento do estudo deste Tema.

Depois, oriente a formação de grupos para elaborarem folhetos e/ou cartazes informativos sobre a composição e o funcionamento das principais pilhas e baterias comerciais, com o objetivo de esclarecer a comunidade sobre a importância do descarte correto desses dispositivos, explicando o que deve orientar a escolha no momento da compra e por que devem ser utlizadas baterias e pilhas recarregáveis, sempre que possível. Avalie o material antes de expor e/ou distribuir os folhetos na escola ou pela internet. Se julgar necessário, consulte os professores da área de Linguagens e suas Tecnologias para auxiliar na produção dos folhetos/cartazes e consequentemente no desenvolvimento da habilidade **EM13LGG703**.

Ao final, peça que os estudantes explorem a seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. Incentive os estudantes a registrar a reflexão realizada com a finalidade de auxiliá-los a concretizar os aprendizados e a identificar as lacunas de compreensão, estabelecendo estratégias para saná-las. Por viabilizar a autoavaliação do processo de aprendizagem, essa atividade favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como do autoconhecimento, mobilizando, portanto, as **Competências Gerais 1 e 6**.

Tema 4 – Ondulatória

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer as características das ondas, suas grandezas associadas e os fenômenos decorrentes da interação da onda com a matéria.
- Identificar fenômenos ondulatórios em aplicações cotidianas e/ou tecnológicas.
- Elaborar hipóteses por meio do entendimento dos movimentos periódicos e das características das ondas para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.
- Analisar propriedades de meios materiais para adequá-los ao uso em aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.

Subsídios para o planejamento

O Tema 4 deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**, o qual trata sobre as propriedades do movimento e fenômenos ondulatórios. Para a abordagem do Tema utilizaremos a metodologia ativa, chamada de Rotações por estações, que busca contemplar os diferentes estilos de aprendizagem. A sala de aula é organizada em diferentes ambientes (estações) para formar uma espécie de circuito permitindo ao estudante entrar em contato com determinado conteúdo de diversas maneiras ao percorrer todas as estações. Para saber mais sobre a metodologia, consulte o texto "Rotação por estações: o guia completo, por duas professoras", listado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Assim, siga os seguintes passos:

1. Organize a sala de aula ou o laboratório de informática em cinco estações, nas quais deve haver o roteiro de atividade, o Livro do estudante, um computador ou *tablet*.
2. Organize os estudantes em cinco grupos, cada um dos quais deverá ficar em uma estação.
3. Disponibilize um tempo mínimo de 25 minutos para os grupos permanecerem em cada estação. Sinalize o final do tempo e instrua os grupos a trocar de estação. Essa rotação deve ser repetida até todos os grupos passarem por todas as estações.
4. Circule entre as estações esclarecendo as dúvidas e garantindo o entendimento do conteúdo abordado.
5. Promova uma discussão sobre os conteúdos abordados para formalizar a aprendizagem dos estudantes.

• Estação 1 – O que é uma onda?

Tarefas: Leitura do Livro do estudante; visualização de vídeos e produção de uma síntese.

Objetivo

- Compreender o que é uma onda, os tipos de ondas existentes e a forma como elas se propagam.

Procedimentos

- Leiam o tópico **Propagação de um pulso** e anotem os principais pontos.
- Assistam aos vídeos: "Ondas – a Física e o cotidiano" (assistir aos primeiros 5 m 20 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gtG0fWm9u1A>. "O que são ondas". Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE>. E "Ondas Gravitacionais são confirmadas. Reportagem: Globo". Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Azpzg3hcRLA>. Acessos em: 18 ago. 2020.
- Produzam um quadro síntese, colocando em cada coluna as diferentes definições estudadas, destacando o entendimento sobre o que são ondas, quais tipos existem, quais são as diferenças entre elas e como elas se propagam.

Sobre a estação 1

Esta estação tem como objetivo promover o conhecimento sobre o que é uma onda, os tipos de ondas existentes e a forma como elas se propagam. Para isso, os estudantes farão a leitura do tópico **Propagação de um pulso**, em que o assunto principal é a distinção entre ondas eletromagnéticas e mecânicas.

Os vídeos têm a função de ampliar a definição do conceito de ondas, acrescentando também os de onda longitudinal e transversal, e as ondas gravitacionais, detectadas em 2015, que são de natureza diferente das ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Procure ficar atento quanto à compreensão dos estudantes sobre os tipos de ondas. Caso deseje aprofundar os

MODERNA

conceitos de ondas gravitacionais, sugira a leitura do artigo do Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferometria Laser (sigla LIGO em inglês), cujo título é "Observação de ondas gravitacionais da fusão de um sistema binário de buracos negros", nesse caso privilegiando essa discussão em outro momento, que não na estação, por conta do tempo.

Se julgar interessante, organize uma estação de produção de ondas transversais com cordas de *nylon*, como sugerido no experimento apresentado na seção **Fique por dentro** no Livro do estudante, ou peça aos estudantes que leiam o artigo, pois, além de complementar o conteúdo trabalhado, favorece o uso de tecnologias digitais e o desenvolvimento da **Competência Geral 5**. Neste caso, a montagem experimental poderá explorar a relação entre frequência e comprimento de onda. As tarefas dessa possível estação contribuem para ampliar o entendimento de algumas das características trabalhadas aqui e na Estação 3.

Essa estação é importante para desenvolver a compreensão sobre conceitos básicos de ondas, favorecendo a habilidade **EM13CNT301**, pois permite que os estudantes analisem e elaborem hipóteses por meio das características das ondas para obter conclusões.

• Estação 2 - Movimentos periódicos

Tarefas: Leitura do Livro do estudante e realização de experimento.

Objetivo

- Observar de maneira qualitativa o movimento do pêndulo para cada uma das massas e cada um dos barbantes de diferentes comprimentos.

Procedimento

- Leiam os tópicos **Pêndulo simples** e **Sistema massa-mola** no Livro do estudante e registrem os pontos mais relevantes.

Em seguida, oriente os estudantes a montarem na estação um pêndulo simples, com duas massas diferentes, três barbantes com comprimentos diferentes e providenciem um cronômetro (que pode ser de um aparelho celular). Assim, cada grupo terá seu pêndulo para a realização do experimento.

Antes de iniciar o experimento, peça a eles que respondam as questão da seção *Prepare-se!*.

Prepare-se!

1. O que caracteriza um movimento periódico?
2. Por que o movimento de um pêndulo pode ser considerado um movimento periódico?
3. Quais são as grandezas que influenciam no período de oscilação de um pêndulo?
4. Quais são as grandezas que influenciam no período de oscilação de um sistema massa-mola?

Material

- *Pêndulo simples*

1 tripé de apoio;

1 gancho pequeno com parafuso;

1 cabo de madeira com 1 m de comprimento e 2,5 cm de espessura;

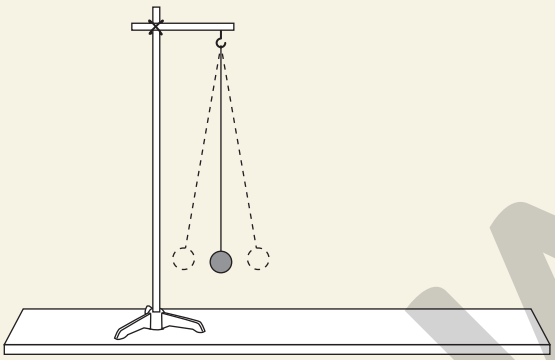
1 cabo de madeira com 0,3 m de comprimento e 2,5 cm de espessura;

1 barbante de aproximadamente 0,80 m (L_1);

1 barbante de aproximadamente 0,60 m (L_2);

1 barbante de aproximadamente 0,40 m (L_3);

2 objetos esféricos pequenos de massas diferentes (m_1 e m_2).



NELSON MATSUDA

Esquema de montagem do pêndulo simples.

Procedimentos

- Escolham um dos objetos e um dos barbantes para começar o experimento. Montem o aparato experimental conforme indicado na figura, para a formação do pêndulo.
- Segurem o objeto preso ao fio em uma das extremidades indicadas pelas linhas tracejadas na figura anterior.
- Preparem o cronômetro zerando o tempo dele.
- Soltem o objeto e ao mesmo tempo iniciem a contagem de tempo com o cronômetro. Contem cinco oscilações, sendo que o período de uma oscilação é o intervalo de tempo entre o momento em que o objeto é solto e o instante em que ele retorna à mesma posição, aproximadamente.
- Anotem esse intervalo de tempo no caderno.
- Usando o mesmo comprimento de fio, troquem o objeto e meçam novamente o intervalo de tempo de cinco oscilações. Anotem o intervalo de tempo no caderno.
- Escolham um dos objetos – que não será mais trocado a partir de agora.
- Troquem o fio, alterando o comprimento (L). Meçam o intervalo de tempo de cinco oscilações para esse novo comprimento. Façam isso com o outro comprimento de fio também.
- Organizem no caderno, em uma tabela, os dados obtidos.

Discuta com seus colegas

1. Qual é a relação entre a massa do objeto e o período de oscilação?
2. Qual é a relação entre o comprimento do barbante e o período de oscilação?
3. Qual é a relação entre a frequência de oscilação e o período de oscilação?
4. Pensando nos movimentos periódicos, cite cinco aplicações cotidianas e tecnológicas desse fenômeno.

Sobre a estação 2

Nessa estação serão apresentados alguns exemplos de movimento periódico, observados no cotidiano, destacando suas características e aplicações, mostrando como o estudo desse movimento tem contribuído para os avanços tecnológicos.

MODELO

Espera-se que, nesta atividade, os estudantes compreendam que o período de oscilação de um pêndulo independe da massa, mas depende do comprimento do barbante.

Nessa estação é importante avaliar se o experimento está sendo realizado de forma correta. Observe a habilidade dos estudantes quanto ao trabalho em equipe. Certifique-se de que todos estão seguindo as instruções e se envolvendo na execução do experimento. É importante que os estudantes discutam os valores coletados, de forma a chegarem a uma conclusão qualitativa sobre os dados. Essa abordagem favorece o trabalho com a **Competência Geral 9**.

A escolha pelo pêndulo, nesse caso, é por se tratar de uma abordagem mais simples e fácil de executar. Uma outra alternativa seria a montagem de um sistema massa-mola, em que é possível explorar o conceito de movimento harmônico simples. Se julgar conveniente, monte uma outra estação para desenvolver essa atividade, você poderá se inspirar utilizando o roteiro experimental indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, intitulado "Oscilador Harmônico Simples e Amortecido". Nesse roteiro, há sugestão para trabalhar as relações entre a massa e o período (Prática 1), constante elástica e o período (Prática 2) e o sistema amortecido (Prática 3). Caso deseje realizá-las, sugerimos as Práticas 1 e 2.

Nessa estação, a observação do movimento periódico de pêndulo mobiliza a habilidade **EM13CNT301**, pois permite analisar questões e elaborar hipóteses por meio do entendimento dos movimentos periódicos para obter conclusões a respeito de situações-problema. Além disso, também trabalha o desenvolvimento da **Competência Geral 2**, pois possibilita 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.

Respostas da estação 2

Prepare-se!

1. O movimento periódico é aquele que se repete em determinados intervalos de tempo.
2. O movimento de um pêndulo pode ser considerado um movimento periódico porque se repete dentro de um intervalo de tempo, tendo, portanto, um período de oscilação.
3. Pela leitura do livro, os estudantes devem perceber que o comprimento do fio e o módulo da aceleração da gravidade interferem no período de oscilação do pêndulo simples.
4. Pela leitura do livro, os estudantes devem perceber que a massa e a constante elástica da mola interferem no período de oscilação do sistema massa-mola.

Discuta com seus colegas

1. O período de oscilação do pêndulo independe da massa.
2. O período de oscilação do pêndulo é diretamente proporcional à raiz do comprimento do barbante.
3. A frequência é inversamente proporcional ao período de oscilação.
4. Resposta variável. Alguns exemplos são: funcionamento de motores; instrumentos de corda; relógios analógicos; itens domésticos, como cadeira de balanço, redes de descanso, entre outros; itens de lazer: balanço, carrossel, gangorra, entre outros.

• Estação 3 – Característica das ondas

Tarefas: Explorar um simulador e responder ao questionário.

Objetivo

- Observar graficamente características como frequência, intensidade e amplitude em diferentes tipos de ondas.

Procedimento

- Acessem o simulador "Ondas: intro", produzido pelo Phet – Interative Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>. Acesso em: 18 ago. 2020.
- Manipulem os três tipos de onda: água, som e luz.
- Observem como as ondas se comportam diante da variação da frequência e da amplitude. Sempre que fizerem alterações na frequência e/ou na amplitude, observem as ondas tanto na vista superior quanto na vista lateral.
- Respondam às questões propostas.

Questões

1. Quais são as diferenças entre os dois tipos de ondas apresentados neste simulador?
2. O que acontece quando aumentamos a amplitude da onda nas três fontes de onda?
3. Com base no simulador, qual é a relação entre amplitude e intensidade de uma onda?
4. Com base no simulador, qual é a relação entre a frequência de oscilação de uma onda e a sua intensidade?

Sobre a estação 3

Nessa estação serão abordadas as principais características de uma onda por meio do uso de uma simulação computacional. Nesta estação é interessante que um computador, *notebook* ou *tablet* esteja disponível, com a página do simulador já aberta. Incentive os estudantes a organizar o tempo dentro dessa estação, permanecendo no simulador entre 10 e 15 minutos e respondendo às questões no tempo restante.

Observe se as respostas dos estudantes mencionam alguns aspectos importantes, como: as ondas na água e o som precisam de um meio material para se propagar, mas elas não transportam matéria, apenas energia, e são chamadas de ondas mecânicas. Enquanto a luz é uma onda eletromagnética, que é formada pela oscilação de campos elétricos e magnéticos e por isso pode se propagar no vácuo. Além disso, o aumento da amplitude das ondas implica um aumento de uma energia; a amplitude de onda é diretamente proporcional à intensidade da onda; e a frequência da onda emitida é independente da sua intensidade.

Nesta estação a observação do comportamento de diferentes ondas em relação a sua frequência e amplitude desenvolve a habilidade **EM13CNT301**, pois permite analisar questões e elaborar hipóteses por meio do entendimento dos movimentos periódicos e das características das ondas para obter conclusões a respeito de situações-problema. Além disso, também mobiliza as **Competências Gerais 2 e 5**, pois possibilita 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, além de trabalhar com a compreensão e utilização

MODERNA

de tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais para produzir conhecimentos e resolver problemas.

Respostas das questões:

1. As ondas são de dois tipos: mecânicas (as que se propagam na água e no ar) e eletromagnéticas (as que se propagam no vácuo).
2. A intensidade da onda aumenta.
3. A amplitude da onda é diretamente proporcional à intensidade da onda, ou seja, quanto maior a amplitude, maior a intensidade, e vice-versa.
4. A frequência de oscilação é independente da intensidade.

• Estação 4 - Fenômenos ondulatórios

Tarefas: Leitura do Livro do estudante; visualização de vídeos, elaboração de síntese e de esquema e pesquisa.

Objetivo

- Compreender os fenômenos provocados por uma onda.

Procedimentos

- Leiam os tópicos **Princípio de Huygens** e **Polarização de ondas** no Livro do estudante e escrevam um comentário, uma surpresa, uma pergunta e uma observação.
- Assistam aos vídeos "Reflexão e refração de ondas numa cuba". Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sTwCP2VlP-c>. "Cuba de ondas: interferência de ondas". Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AG5HYoHojgc>. "FiBra – polarização da Luz" *(19/10/16)*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=e3JhouzUG54>. Acessos em: 18 ago. 2020.
- Elaborem uma síntese apresentando a definição de cada um dos fenômenos abordados.
- Elaborem um esquema sobre os fenômenos: reflexão, refração, interferência e polarização da luz.
- Busquem exemplos na internet em que os fenômenos ondulatórios se manifestam no cotidiano e registrem no caderno.

Sobre a estação 4

Nessa estação os estudantes conhecerão a respeito dos fenômenos provocados por uma onda. O objetivo da apresentação desses vídeos é mostrar por meio das animações como acontecem os fenômenos ondulatórios.

É possível citar alguns exemplos nos quais os fenômenos ondulatórios se manifestam no cotidiano, como a formação de arco-íris, em que a refração da luz faz com que a sua velocidade diminua ao mudar de meio – nesse caso, atravessando as gotículas de água – e faz com que a luz branca se decomponha em diferentes frequências e cores; a possibilidade de ouvirmos através de obstáculos, devido ao fenômeno de difração da onda sonora; o funcionamento dos óculos escuros – barrar as ondas UV – pelo fenômeno de polarização; a formação de imagens em espelhos d'água, superfícies ou em espelhos comuns, por causa do fenômeno de reflexão da luz, cujo fenômeno também pode ser observado em ondas sonoras, quando em determinado ambiente conseguimos produzir eco; duas caixas acústicas gerando uma interferência de onda construtiva, produzindo uma onda sonora de maior intensidade.

Durante o desenvolvimento desta estação, são apresentados alguns conceitos de fenômenos ondulatórios que podem ser observados no dia a dia, mobilizando a habilidade **EM13CNT307**, uma vez que possibilita a análise das propriedades de meios materiais para adequá-los ao uso em aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.

• Estação 5 - Aplicações tecnológicas

Tarefas: Leitura de artigos, elaboração de uma síntese e pesquisa.

Objetivo

- Identificar fenômenos ondulatórios em aplicações cotidianas e/ou tecnológicas.

Procedimentos

- Leiam os artigos:
  1. Luz e som para detectar células tumorais. Revista *Pesquisa Fapesp*, ed. 282, ago. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/luz-e-som-para-detectar-celulas-tumorais/>. Acesso em: 18 ago. 2020.
  2. Microscópios mais potentes. Revista *Pesquisa Fapesp*, ed. 141, nov. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/microscopios-mais-potentes/>. Acesso em: 18 ago. 2020.
  3. Sol de laboratório. Revista *Pesquisa Fapesp*, ed. 229, mar. 2015. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/sol-de-laboratorio/>. Acesso em: 18 ago. 2020.
- Identifiquem nos artigos os conceitos de ondulatória utilizados pelas tecnologias descritas.
- Elaborem uma síntese de cada artigo destacando as principais conclusões de suas discussões.
- Pesquisem por uma aplicação tecnológica diferente das mencionadas nos artigos que utilize os conceitos de ondulatória.

Sobre a estação 5

Nessa estação serão apresentadas algumas aplicações do estudo de ondas na tecnologia, por meio de três artigos da *Revista Pesquisa Fapesp*. Disponibilize os *links* dos artigos, ou o *QRCode* para que eles acessem os textos de seus celulares, como também apresente as versões impressas deles.

Nessa estação são exemplificados alguns fenômenos ondulatórios e sua presença em aparelhos tecnológicos e na indústria, permitindo desenvolver a habilidade **EM13CNT307**, uma vez que o conhecimento dessas situações possibilita a análise das propriedades de meios materiais para adequá-los ao uso em aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.

• Discussão com a turma

Após promover a passagem dos grupos por todas as estações, é importante que se faça um momento coletivo e individual de síntese das ideias. Comece promovendo a discussão coletiva sobre quais foram os principais aspectos discutidos em cada uma das estações. Organize as ideias dos estudantes no quadro de giz, verificando se eles compreenderam os objetivos de cada uma das tarefas. Em seguida, proponha que eles organizem, de maneira individual, essas ideias, relacionando-as por meio de um diagrama. Outra sugestão seria que eles produzissem um mapa mental, em que apareçam as relações dos conteúdos trabalhados nas estações.

MODERNA

Depois, peça aos estudantes que se organizem nos grupos originais para resolverem os exercícios propostos na seção **Atividades** no Livro do estudante. O primeiro exercício trata da identificação do fenômeno ondulatório da difração. Já os exercícios 2, 3, 4, 5, 6 e 7 aprofundam-se na questão do movimento oscilatório de um pêndulo e do sistema massa-mola. Por fim, os exercícios 8, 9, 10 e 11 tratam das características da onda, como período, amplitude, frequência e comprimento de onda. Durante a resolução dos exercícios pelos estudantes, circule entre os grupos, verificando se eles compreenderam os enunciados e chegaram aos resultados esperados. A partir disso, verifique se eles entenderam os conceitos trabalhados ao longo desse Tema. Nesse momento, sugira a realização do quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, o que favorece o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Como atividade complementar, indicamos a realização de um estudo de caso, que pode ser realizado após os grupos passarem por todas as estações. O caso requer que os estudantes ajudem uma personagem que não consegue assistir a filmes 3-D utilizando óculos, no cinema, mas que cogita experimentar essa sensação por meio da tecnologia dos televisores tridimensionais holográficos. Será que isso é possível? Comece apresentando o caso aos estudantes. Sugira que eles formem grupos de três integrantes e levantem as primeiras hipóteses. Em seguida, eles deverão procurar materiais disponíveis na internet. Algumas referências podem ser os artigos: "Imagem tridimensional" (VASCONCELOS, 2010) e "3-D sem óculos" (SOTO, 2015), indicadas na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Você pode selecionar o que apresentar ou deixar que os estudantes escolham as fontes de pesquisa. Nesse caso, oriente-os a selecionar fontes de informações confiáveis. Com isso, os estudantes deverão levantar as possíveis hipóteses para que a personagem não enxergue os objetos 3-D usando os óculos e verificar se ela seria capaz de enxergar as imagens tridimensionais usando a holografia. Com essa atividade, os estudantes vão desenvolver a habilidade **EM13CNT307**, uma vez que analisarão as propriedades dos materiais para adequá-los ao uso em aplicações cotidianas e tecnológicas. Além disso, a atividade contribui para o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 2** ao valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos e promover, por meio da metodologia dos estudos de caso, a curiosidade intelectual, a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, ao investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

Essa atividade incorpora alguns conhecimentos de Biologia; nesse sentido seria interessante um trabalho com o professor desse componente curricular, em que o enfoque seja compreender o funcionamento do olho humano e as possíveis anormalidades.

Atividade complementar

Estudo de caso: os óculos 3-D e as novas tecnologias tridimensionais

Rafaela é uma jovem que sempre gostou de ir ao cinema, assistir a filmes dos mais variados gêneros. Desde a invenção dos filmes 3-D, Rafaela já assistiu a alguns, algumas vezes sozinha e em outras com amigos, inclusive em salas de cinema diferentes, e acabou percebendo um problema que acometia somente a ela: Rafaela não enxerga os objetos do filme em três dimensões.

Intrigada com a situação, Rafaela escreveu para seus dois primos, sendo que um deles é biólogo e o outro é físico. Ela acredita que ambos poderão ajudá-la a compreender o que a impede de enxergar os filmes em 3-D, unindo os conhecimentos a respeito do funcionamento dos olhos para a formação de imagens em três dimensões.

Não bastando essa dificuldade, Rafaela está interessada em adquirir uma TV 3-D, em que os fabricantes afirmam que não é necessário o uso de óculos, pois seu princípio de funcionamento seria a formação de imagens tridimensionais holográficas. No entanto, antes de comprar a tal TV, Rafaela gostaria de entender por que não enxerga as imagens 3-D nos cinemas. Será que conseguiria ou não enxergar a imagem em 3-D nessas TVs, que não utilizam os óculos 3-D?

Como os primos de Rafaela estão bastante ocupados com suas pesquisas, eles indicaram um grupo de pessoas competentes para resolver tais questões, do qual vocês fazem parte.

Por isso, vocês devem escrever uma carta para Rafaela, explicando por que, possivelmente, ela não enxerga as imagens em 3-D e detalhando como funcionam esses aparelhos de TV que geram a imagem 3-D sem o uso de óculos. Ao final, não deixem de dar um parecer a ela: Rafaela enxergaria as imagens 3-D nesses novos aparelhos?

Fonte consultada: HAMANN, R. Por que nem todas as pessoas conseguem enxergar imagens 3-D? *Tecmundo*. 30 ago. 2016. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/curiosidade/9160-por-que-nem-todos-enxergam-imagens-em-3d-.htm>. Acesso em 18 ago. 2020.

- **Resposta da atividade complementar**

A geração da imagem 3-D acontece porque os óculos possuem polarizações diferentes, o que faz com que em cada um dos olhos se formem imagens diferentes, que serão "unidas" no cérebro e darão a impressão de profundidade, por isso são chamadas de 3-D.

É provável que Rafaela tenha uma disfunção relacionada a uma dificuldade em realizar a fusão binocular, isto é, unir no cérebro imagens diferentes enxergadas simultaneamente por cada um dos olhos. Para ter certeza de seu problema, o ideal seria que ela procurasse um oftalmologista, para verificar se apresenta outros sintomas, como a perda de noções de profundidade e também a redução na angulação total do campo de visão natural, que podem variar de acordo com o grau de sua disfunção.

As imagens tridimensionais holográficas são geradas por holografia, uma técnica que não depende da fusão binocular. Nesse caso, as imagens são gravadas por meio de feixes de *laser*, que incidem por diferentes ângulos sobre uma pessoa

EM EXPOSIÇÃO

ou objeto e, ao serem projetadas, dão a impressão de que a pessoa ou o objeto pode ser observado por vários ângulos, e não apenas planificado. Dependendo da gravidade do problema de Rafaela em perceber a profundidade, pode ser que ela também não enxergue as imagens tridimensionais holográficas. Mas, nesse caso, a função binocular não é exigida, como é no uso dos óculos 3-D; então, caso ela tenha noções relativamente normais de profundidade, ela poderá enxergar essas imagens.

Tema 5 – Acústica

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Analisar questões e interpretar modelos explicativos por meio do entendimento das propriedades do som para enfrentar situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.
- Comunicar para diversos grupos os resultados de experimentos elaborando e interpretando tabelas e textos com o intuito de promover o debate científico.
- Analisar propriedades de meios materiais para entender como o som se propaga por eles e poder adequar o seu uso em aplicações cotidianas.

Subsídios para o planejamento

O Tema 5 versa sobre o som, as propriedades e os fenômenos relacionados às ondas sonoras, a velocidade do som, as propriedades do som, como intensidade, altura e timbre, a questão da audição, o efeito Doppler e os instrumentos musicais; logo, deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**.

Na primeira aula utilizaremos alguns elementos da Sequência de Ensino por Investigação (SEI), cujo foco é o desenvolvimento de habilidades próximas ao "fazer científico" por meio de perguntas orientadoras. Os estudantes vão manipular materiais e ferramentas, observar dados e comunicar à turma suas hipóteses e sínteses sobre o assunto. Caso considere necessário aprofundar os conhecimentos sobre essa metodologia, consulte o artigo de Sasseron (2012), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Apresentando o problema

Na SEI, o problema de investigação é o organizador e promotor de novos conceitos e se diferencia de um exercício por não ter respostas fechadas ou uma resposta única.

Inicie a aula apresentando aos estudantes as perguntas investigativas que servirão para orientar o processo de aprendizagem.

1. Como se produz o som de um instrumento acústico?
2. Qual é o princípio para criar um ambiente com isolamento acústico?

Promova uma primeira roda de conversa, em que os estudantes possam colocar as suas hipóteses de respostas sobre as perguntas apresentadas. É possível que alguns deles já estejam familiarizados com instrumentos musicais e tenham alguma noção sobre o assunto. Mesmo que alguns estudantes tenham conhecimentos sobre a resposta, a SEI permitirá um aprofundamento dos conceitos científicos e a aquisição de novas habilidades. Anote as ideias no quadro de giz e peça a eles que as registrem no caderno, com o intuito de avaliarem as suas mudanças de percepção e entendimento ao longo do processo.

1ª etapa

Oriente os estudantes a formar grupos de até cinco integrantes e proponha uma atividade investigativa de manipulação de alguns objetos e arranjos. Entregue para cada grupo cinco objetos, que eles deverão manipular na seguinte ordem: elástico de dinheiro; elástico de dinheiro fixado em uma tigela envolvida com papel plástico; canudo; elástico de dinheiro envolvido em um tubo de PVC; apito. Peça a eles que produzam sons usando cada um dos objetos e atentando ao modo como cada som é produzido.

Inicialmente, deixe os grupos livres para produzir os sons; depois, oriente-os a manipular os objetos da seguinte forma:

- *Elástico de dinheiro:* Os estudantes deverão esticar o elástico e provocar vibrações, observando o som produzido.
- *Elástico de dinheiro fixado em uma tigela envolvida com plástico filme:* Envolva uma tigela com plástico filme, de maneira bem firme para que o plástico fique bem esticado na parte aberta da tigela – se for preciso, passe uma fita adesiva ou coloque um elástico na parte de baixo para garantir que o plástico não vá escapar. Na superfície do plástico filme, coloque um elástico de dinheiro, preso com uma fita adesiva. Na tigela com o plástico, os estudantes deverão provocar vibrações no elástico, produzindo o som, porém observando a diferença entre o som produzido usando a tigela e o som produzido pelo elástico sozinho.
- *Tubo de PVC:* Os estudantes deverão provocar vibrações em um elástico preso a um tubo de PVC, porém pressionando a lateral do tubo e observando a diferença do som produzido à medida que a lateral do tubo é pressionada.
- *Canudo:* Os estudantes deverão assoprar em uma extremidade do canudo e observar o som que é produzido na outra extremidade dele. Em seguida, deverão repetir o processo pressionando levemente a extremidade de saída do ar, observando a diferença do som nos dois processos.
- *Apito:* Os estudantes deverão assoprar o apito observando não apenas o som produzido, mas a diferença do som produzido pelo apito quando comparado com o som produzido pelo canudo, pois dentro do apito o caminho percorrido pelo ar é diferente do caminho no canudo.

Depois de manipularem os objetos, cada grupo deverá discutir e formular algumas hipóteses sobre a produção do som usando os diferentes instrumentos. Anote no quadro de giz as hipóteses mencionadas pelos estudantes para cada objeto. Em seguida, peça aos grupos que façam a leitura dos tópicos **Ondas sonoras** e **Intensidade sonora**, **altura e timbre** do Livro do estudante e registrem no caderno os pontos principais e as dúvidas.

Após a leitura, exiba o vídeo "Características das ondas sonoras", do Canal Física Fácil (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QHBxdRXFXvY>, acesso em: 18 ago. 2020), para mostrar as características do som, evidenciando o que é grave, agudo, alta e baixa intensidade e timbre por meio de um osciloscópio. Na sequência, retome a discussão anterior e as hipóteses levantadas no tópico *Apresentando o problema*

EM ABERTA

e peça aos grupos que formulem novas hipóteses sobre as duas perguntas iniciais, agora com base na leitura realizada.

Depois, peça aos grupos que respondam aos questionamentos a seguir para que entrem em contato com os conceitos e termos científicos referentes ao conteúdo. Sugira que anotem as conclusões a que chegarem e circule entre os grupos atentando para as possíveis dúvidas sobre o conceito de som e suas características. Se julgar necessário, ajude os grupos a organizar as ideias sobre o assunto, destacando: como o som foi produzido na situação investigativa (vibração de um objeto), as características do som (intensidade sonora, amplitude da onda), altura sonora (frequência da onda) e timbre (tipo de onda). Essas estratégias permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e das **Competências Gerais 2 e 3**, uma vez que os estudantes precisam interpretar modelos explicativos para compreenderem as propriedades do som, valorizando e fruindo manifestações artísticas, como orquestras e grupos musicais que utilizem instrumentos feitos com materiais reciclado. Também favorecem o trabalho com a **Competência Geral 9**, uma vez que em grupos os estudantes buscam ser empáticos, negociar e expor ideias.

1. Houve diferença(s) no som produzido pelos objetos? Qual(is)?
   R.: Sim, houve sons mais intensos, mais graves e mais agudos. Também houve diferença entre o som produzido pela vibração do elástico e o som produzido pelo sopro do apito (timbre).
2. Houve diferença(s) nos timbres dos sons produzidos? Se sim, por que ocorreu essa diferença?
   R.: Sim, houve diferenças. Nos três primeiros objetos houve diferença em razão da vibração no elástico, já nos dois últimos a diferença se deu pela emissão de ar que ocorre no interior dos objetos.
3. Com relação aos três primeiros objetos, houve diferença na intensidade? Qual objeto emitiu som menos intenso?
   R.: Sim, houve diferença, e o primeiro objeto emitiu som menos intenso.
4. Com relação aos três primeiros objetos, como podemos mudar a altura do som emitido?
   R.: Aplicando maior tensão no elástico, o que pode ser feito esticando-o.
5. Quais semelhanças a instrumentos musicais tradicionais podem ser apontadas com relação aos três primeiros objetos e aos dois últimos?
   R.: Os três primeiros são semelhantes a instrumentos de corda e os dois últimos são semelhantes a instrumentos de sopro.
6. Com relação ao apito, como fazer para aumentar a sua intensidade sonora?
   R.: Assoprar com mais força, aumentando o fluxo de ar dentro do apito.
7. Com relação ao apito, é possível aumentar a sua altura sonora?
   R.: Não, a altura sonora do apito não muda.
8. Como podemos explicar a diferença entre o som produzido pelo canudo e o som produzido pelo apito?
   R.: No interior do apito ocorre um estreitamento na passagem de ar, o que provoca um som com maior altura; já no canudo isso ocorre apenas quando pressionamos a extremidade de saída de ar.

Quando os grupos concluírem suas reflexões, promova uma discussão com base nas respostas deles atentando ao uso dos conceitos científicos de maneira correta para explicar o fenômeno.

2ª etapa

Inicie a aula solicitando aos grupos que realizem as tarefas a seguir.

1. Leitura e registro das principais ideias dos seguintes tópicos do Livro do estudante: **Velocidade do som**, **Reflexão**, **refração e difração de ondas sonoras** e **Batimento**.
2. Leitura e registro das principais ideias do artigo: "Ecos de alerta", da Revista *Pesquisa Fapesp* (disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/ecos-de-alerta/>; acesso em: 18 ago. 2020).
3. Visualização do vídeo "Rompendo a barreira do som", canal *NewsLike*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HHSTiGwkAtQ>; acesso em: 18 ago. 2020.
4. Troca de ideias entre os integrantes do grupo acerca dos conceitos abordados no material e resolução das questões a seguir.

Questões

1. Como se dá a propagação do som da fonte sonora até nossos ouvidos?
   R.: Por meio da vibração de um objeto, as moléculas de ar a sua volta interagem com ele e passam a vibrar na mesma frequência, passando a interagir também com as moléculas mais distantes e fazendo com que o som se propague, como uma onda, na mesma frequência de vibração do objeto, até chegar a nossos ouvidos.
2. Qual é a relação entre a velocidade de propagação do som e a estrutura molecular do meio material em que o som se propaga?
   ***R.:** Em um meio material, quanto mais próximas as moléculas estiverem umas das outras, mais rápida será a transferência de energia e maior será a velocidade de propagação da onda sonora.*
3. Sobre o vídeo visto, como podemos explicar o fato de o som do avião ser escutado após a sua passagem?
   R.: Pelo fato de o avião estar a uma velocidade mais rápida que a do som, ele consegue estar à frente da onda sonora e com isso o som emitido pela aeronave só é percebido depois que ela passou.

Durante a realização das tarefas circule entre os grupos verificando a compreensão e a dificuldade dos estudantes quanto aos conteúdos que estão sendo abordados. Procure explorar o conceito de propagação do som, bem como os fenômenos sonoros – reflexão, refração, difração da onda sonora e batimento. Esclareça que o som depende de um meio material para se propagar e que sua velocidade varia de acordo com o meio de propagação.

Depois abra uma roda de conversa para a turma compartilhar as aprendizagens, as dificuldades e as dúvidas. Com base nas contribuições dos estudantes, elabore um esquema ou mapa mental no quadro de giz para sintetizar os conceitos trabalhados até aqui. Anote alguns termos no quadro, destacando: "Origem do som" – ocorre através da vibração de um objeto; "Propagação do som" – acontece através de

MODERNA

um meio material, provocando vibração nesse meio; "Velocidade do som" – varia de acordo com o meio de propagação; "Batimento do som" – quando duas, ou mais, ondas sonoras são emitidas gerando interferência construtiva (aumento da intensidade sonora) ou destrutiva (redução da intensidade sonora); "Características do som" – intensidade sonora (volume), altura sonora (frequência do som emitido) e timbre (tipo de som emitido); "Fenômenos do som" – reflexão sonora (eco), refração sonora (mudança na velocidade do som entre um meio e outro) e difração sonora (caminho percorrido pela onda sonora, contornando obstáculos).

Com base no que foi compreendido a respeito dos fenômenos sonoros, apresente os seguintes questionamentos aos estudantes sobre a audição: 1. Como o som chega aos nossos ouvidos?; 2. Como captamos essa onda sonora e a identificamos conforme o seu timbre, sua frequência e sua intensidade?; 3. Será que outros animais têm maior poder de audição que os seres humanos?

Anote no quadro de giz as principais hipóteses apresentadas pelos estudantes. Em seguida peça que se juntem novamente em grupos e façam a leitura do tópico **Audição** no Livro do estudante. Sugira que anotem as ideias principais e, na sequência, peça que leiam dois artigos da *Revista Pesquisa Fapesp*: "O canto (quase) inaudível de um beija-flor". (Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-canto-quase-inaudivel-de-um-beija-flor/>. Acesso em: 18 ago. 2020.) E "Inseticidas causam danos à audição". (Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/inseticidas-causam-danos-a-audicao/>. Acesso em: 18 ago. 2020.)

Após a leitura, solicite aos estudantes que respondam novamente às questões, comparando suas conclusões com as hipóteses anteriores. Peça a alguns grupos que exponham suas respostas, contribuindo, assim, com o desenvolvimento do pensamento, e solicite que expliquem aos outros grupos como ocorre a captação da onda sonora pelo ouvido humano, na qual a vibração das moléculas de ar se propaga até o ouvido, interagindo com o tímpano, que passa a vibrar na mesma frequência das moléculas, gerando impulsos nervosos que são enviados ao cérebro e interpretados como uma percepção sonora. Aproveite o momento para discutir a relação entre a intensidade do som captado pelo ouvido e a distância de uma fonte sonora. Comente que a transferência de energia entre as moléculas de ar faz com que a energia diminua com a distância e, com isso, diminua também a sua intensidade.

Nesse momento, faça uma pequena demonstração com os estudantes. Reproduza uma música ou produza algum som e peça a cada um que coloque as mãos atrás das orelhas, fazendo uma concha, para que percebam a diferença na intensidade sonora. O mesmo princípio ocorre quando juntamos as mãos na frente da boca para aumentar a intensidade do som da voz, o que justifica o uso de objetos em formato cônico, como o megafone, para essa finalidade. Ainda sobre intensidade sonora, amplie a discussão abordando o conceito de nível de intensidade sonora, usado para descrever a maneira como a audição se comporta, ou seja, para definir o nível de intensidade sonora que uma pessoa consegue ouvir, por exemplo, ou o nível de intensidade sonora que é prejudicial para o ouvido humano. Para melhor ilustrar o conceito de nível de intensidade sonora, faça o exemplo apresentado no tópico **Audição** no Livro do estudante.

Aproveite o momento e discuta a diferença entre o nível mínimo de intensidade sonora e a frequência mínima que conseguimos ouvir. Uma frequência que esteja fora da faixa de frequência audível pelo ouvido humano (20 Hz até 20.000 Hz), por mais que seja aumentada a sua intensidade, não será captada pelo ouvido humano, enquanto o nível de intensidade sonora abaixo do mínimo audível, por mais que seja aumentada a frequência, também não será captado.

Ao trabalhar as questões relacionadas à velocidade do som e a questão da audição, os estudantes desenvolvem a habilidade **EM13CNT307**, pois estão analisando as propriedades de meios materiais para entender como o som se propaga por esses meios e, assim, podem adequar o seu uso em aplicações cotidianas.

3ª etapa

Inicie o estudo retomando o conceito de frequência sonora e a sua relação com o comprimento de onda, visto no Tema 4 desta Unidade. Proponha aos estudantes que pensem se é perceptível a variação do som quando a fonte sonora está em movimento. Eles podem buscar relações com o cotidiano, como o som da buzina de um automóvel ou da sirene de uma ambulância que está em movimento e passa por nós. É importante apenas pontuar que essa variação sonora pode ser percebida quando a fonte está em movimento, quando o observador está em movimento ou quando ambos – observador e fonte sonora – estão em movimento. Pergunte aos estudantes se, ao ouvirem o som da sirene de uma ambulância em movimento, conseguem perceber se ela está se aproximando ou se afastando. O som, à medida que a ambulância está se aproximando, fica mais agudo e, conforme ela vai se afastando, fica mais grave.

Peça aos estudantes que formem novamente os grupos para realizar as tarefas a seguir.

1. Levantamento de hipóteses e registro das ideias sobre por que ocorre a mudança no som produzido pela sirene da ambulância quando ela se aproxima e quando se afasta.
2. Leitura do tópico **Efeito Doppler**, do Livro do estudante, e resolução da questão 4 do seção **Atividades**.
3. Leitura do texto "Como funcionam os radares de trânsito?" (*Revista Ciência Hoje*. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/como-funcionam-os-radares-de-transito/>. Acesso em: 18 ago. 2020). Síntese sobre o que é o efeito Doppler, relacionando a velocidade de deslocamento, da fonte sonora, do observador ou de ambos, assim como a direção do deslocamento.

Durante a realização das tarefas, circule entre os grupos verificando o empenho, a compreensão e as dificuldades dos estudantes. Esse momento aprimora o trabalho com a **Competência Geral 9**, pois os estudantes são convidados a escutar com empatia, negociar diferentes pontos de vista e expor ideias de forma clara. Alerte-os sobre os parâmetros necessários para a resolução da questão 5 e o entendimento dos conceitos envolvidos nela. Também é importante chamar a atenção sobre a síntese na tarefa 4, pois, quando a fonte se aproxima do observador ou o observador se aproxima da fonte, a onda sonora é comprimida fazendo com que a frequência percebida pelo observador seja maior do que a frequência que foi emitida pela fonte sonora. Da mesma forma, quando a fonte se afasta do observador ou o observador se afasta da fonte, a onda sonora é

EM MODELO

aumentada, e a frequência percebida pelo observador é menor do que a frequência emitida pela fonte sonora.

Ainda sobre efeito Doppler, é importante destacar que ele não é observado apenas nas ondas sonoras, mas tem o seu equivalente observado em ondas eletromagnéticas e ondas gravitacionais. Além disso, tem diversas aplicações no cotidiano, como é o caso de exames medicinais, radares de velocidade, observações astronômicas etc.

Depois de os grupos realizarem as três tarefas, proponha a **Prática investigativa** apresentada no Livro do estudante, importante para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, tendo em vista que analisam e interpretam modelos explicativos por meio do entendimento das propriedades do som para refletir e resolver situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica; bem como da habilidade **EM13CNT302**, quando os estudantes são convocados a comunicar para a turma os resultados do experimento, por meio da elaboração e da interpretação de tabelas e textos. Além disso, essa prática favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 2**, pois os estudantes exercitam a curiosidade intelectual e recorrem à abordagem própria das ciências, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas.

Peça aos grupos que, inicialmente, discutam os objetivos da prática experimental e respondam à questão do tópico **Prepare-se!**. Durante a montagem experimental, fique atento para auxiliar os estudantes. Chame a atenção deles para que percebam que o celular é o observador em repouso e o *buzzer* dentro da bolinha de tênis funciona como uma fonte sonora em movimento, que se afasta e se aproxima do observador. Após a tomada de dados, oriente os grupos a discutir seus resultados, respondendo às questões propostas no tópico **Discuta com seus colegas**. Fique atento para avaliar se eles conseguiram perceber quais foram as grandezas medidas e de que modo elas são interpretadas na resolução das questões. As questões propostas nos tópicos da **Prática investigativa** permitem a mobilização das **Competências Gerais 4 e 7**, pois os estudantes são convocados a expressar suas ideias com base em dados.

- **Retomando o problema**

Inicie o estudo retomando a primeira questão da SEI: "Como se produz o som de um instrumento acústico?". Os estudantes deverão compreender quais são as condições que podem promover o aumento da intensidade sonora, bem como o efeito da ressonância do som, além do funcionamento dos instrumentos de corda e sopro. Para isso, peça a eles que façam a leitura dos seguintes tópicos do Livro do estudante: **Instrumentos musicais**; **Ressonância**; **Instrumentos de corda** e **Instrumentos de sopro**. Após a leitura, relembre a primeira atividade realizada, com os cinco objetos que foram manipulados, e peça a eles que apontem a diferença entre o som emitido pelo primeiro objeto – elástico de dinheiro – e o segundo objeto – elástico de dinheiro fixado em uma tigela, envolvida com papel plástico. Com o segundo objeto, demonstre o fenômeno de ressonância, pois, uma vez que o elástico, fixado no filme plástico, começa a vibrar, o plástico também começa a vibrar, fazendo com que uma quantidade maior de moléculas de ar vibre também, aumentando assim a intensidade da onda sonora.

Com relação aos instrumentos de corda, verifique se os estudantes conseguem relacionar seu funcionamento com o conceito de ondas estacionárias, provocadas pelo fenômeno de reflexão que acontece nas cordas, gerando interferências, construtivas – e destrutivas – que são os ventres e os nós, respectivamente. Ainda sobre instrumentos de corda, discuta a relação entre a espessura da corda do instrumento e a frequência do som emitido: quanto maior a espessura da corda vibrante, menor será a altura do som produzido (ele será mais grave). Além da espessura das cordas, também é possível variar a frequência do som produzido, diminuindo o espaço de vibração da corda. No caso do violão, por exemplo, isso acontece quando pressionamos as cordas na região do braço do instrumento. Para aprofundar essa discussão, procure utilizar o simulador "Onda em corda", sugerido na seção **Fique por dentro**. A manipulação do simulador tanto pode ser feita por meio dos *smartphones* dos estudantes como por uma projeção para a turma. O intuito é que a simulação seja ilustrativa, com o objetivo de que os estudantes visualizem o comportamento da propagação de uma onda em uma corda, ajustando-se parâmetros, como tensão e amortecimento. Além de complementar o conteúdo trabalhado, a atividade favorece o uso de tecnologias digitais e o desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

Sobre os instrumentos de sopro, avalie se os estudantes conseguem relacionar seu funcionamento a fatores como: pressão do ar, temperatura e tamanho do tubo, pois estes são os principais responsáveis pela intensidade sonora emitida. Nesse caso, as notas musicais (frequência do som) são geradas abrindo e fechando as extremidades existentes ao longo do tubo, ou usando vários tubos com diversos tamanhos, em que cada um emitirá uma nota diferente. Também é importante ressaltar a diferença entre os instrumentos de tubo fechado (quando uma das extremidades é fechada) e tubo aberto (quando as duas extremidades são abertas), e como ocorre a formação da onda em cada um dos casos) nos instrumentos de tubo fechado a onda é gerada a partir de um ventre, que se forma na extremidade aberta, e termina com um nó, que se forma na extremidade fechada) nos instrumentos de tubo aberto, a onda formada apresenta um ventre em cada extremidade. Os estudos sobre os instrumentos musicais e a compreensão sobre a relação da velocidade de propagação do som com o meio material no qual ele se propaga permitem aos estudantes o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307**.

Se desejar aprofundar-se na questão da produção de som e no aprimoramento da habilidade **EM13CNT301**, mas desta vez pelo corpo humano, uma sugestão é desenvolver a atividade proposta no artigo "A contextualização do ensino de ondas sonoras por meio do corpo humano" (NASCIMENTO; GOBARA, 2009), listado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Na sequência, peça aos estudantes que retomem suas hipóteses iniciais em relação à segunda questão da SEI – "Qual o princípio para criar um ambiente com isolamento acústico?" – e tentem reescrever a resposta utilizando agora os conhecimentos adquiridos nas etapas do estudo do Tema 5. Em princípio, é esperado que eles compreendam que a criação de um ambiente isolado acusticamente depende de gerar uma condição em que não é permitida a interação entre as moléculas de ar da parte externa do ambiente com as moléculas de ar da parte interna do ambiente. Sugira a eles que façam uma pesquisa sobre materiais utilizados para essa finalidade e de

MANUAL DO PROFESSOR

que maneira são montados ambientes de isolamento acústico, como estúdios de música.

- **Extrapolando o problema**

Para averiguar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos trabalhados no Tema 5 aplicados a novas situações além daquelas apresentadas no tópico *Apresentando um problema*, proponha aos grupos as tarefas a seguir. Elas são interessantes para a turma 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, e assim aprimorarem a **Competência Geral 2**. Além disso, colaboram para o aprofundamento da habilidade **EM13CNT301**, ao propor mais uma situação de análise e interpretação de modelos explicativos por meio do entendimento das propriedades do som para desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica, e da habilidade **EM13CNT307**, na medida em que o estudante trabalha com a análise das propriedades de meios materiais para entender como o som se propaga por eles podendo adequar seu uso em aplicações cotidianas.

1. Resolução das questões da seção **Atividades** do Livro do estudante.
2. Criação de instrumentos de corda ou de sopro utilizando materiais do cotidiano e/ou recicláveis. Após a montagem, os estudantes poderão apresentar os instrumentos, descrevendo o processo de produção de sons e a utilização dos conhecimentos desenvolvidos para a confecção.
3. Construção, em formato de maquete, de um miniambiente de isolamento acústico e posterior apresentação para sua turma.
4. Trabalho com o quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, o que favorece o desenvolvimento das subdimensões autoconhecimento e metacognição das **Competências Gerais 1 e 6**, respectivamente.

Reflexões sobre a Ciência

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer as diferentes classificações atribuídas às pesquisas científicas em função do procedimento adotado para a coleta de dados.
- Reconhecer os processos de dedução, indução, interpolação e extrapolação como parte do método científico.
- Diferenciar indução de dedução.
- Diferenciar interpolação de extrapolação.

Subsídios para o planejamento

Essa seção visa apresentar aos estudantes as diferentes classificações atribuídas às pesquisas científicas em função do procedimento adotado para a coleta de dados, bem como mostrar que o tratamento de dados e o uso que se faz deles influencia a qualidade das conclusões de uma pesquisa. Desse modo, os professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias estão aptos a conduzir a seção.

Inicie a aula com a pergunta do título e disponibilize um tempo para que os estudantes reflitam sobre o tema e elaborem a lista dos tipos de pesquisa. Abra então uma rodada de discussão para que eles possam socializar os diferentes tipos de pesquisa que listaram. É provável que criem subcategorias, como pesquisas na internet e pesquisas em livros. Nesse primeiro momento, não há necessidade de corrigi-los, pois trata-se de um levantamento de ideias prévias.

Em seguida, solicite aos estudantes que leiam a parte inicial do texto sobre os tipos de pesquisa e registrem as principais diferenças entre eles. Para a realização da leitura, você pode sugerir à turma diferentes técnicas. A primeira é solicitar que – ao longo da leitura – os estudantes formulem perguntas que facilitem a compreensão do texto. No caderno, a cada parágrafo do texto informativo, os estudantes devem formular uma pergunta que, quando respondida, resuma o que foi dito ou explicado nele. Assim, quando retomar a discussão, ao ler a pergunta, o estudante se lembrará mais facilmente do que foi escrito.

Outra estratégia possível é a utilização de marcadores adesivos para auxiliar os estudantes a ler o texto com objetivos específicos em mente. Cada estudante recebe quatro tipos de marcador com símbolos diversos. No primeiro há um ponto de exclamação, e ele deve utilizá-lo na parte que achar mais interessante do texto. O segundo, identificado com um V, marca vocábulos que o estudante considera que devem ser discutidos mais profundamente. O terceiro, com ponto de interrogação, deve marcar as partes consideradas confusas e que carecem de elucidação. Por fim, o quarto, com a letra I, deverá ser usado para indicar uma ilustração (desenho, mapa, tabela, gráfico) que o ajudou a inferir melhor o significado que o autor deu ao texto. Caso não tenham adesivos, os estudantes pode reproduzir os símbolos a lápis, utilizando cores diferentes. Informe também que eles podem criar os próprios símbolos auxiliadores de leitura. O importante é que utilizem símbolos gráficos que orientem a leitura de modo que a tornem mais produtiva e profunda. Ao final, você pode construir, no quadro de giz, um quadro-resumo com diferenças entre as formas de pesquisa com base no conteúdo que os estudantes extraíram da primeira leitura.

No texto do Livro do estudante são discutidas algumas formas de pesquisa: quanto à abordagem (qualitativa ou quantitativa); quanto à natureza (básica ou aplicada); quantos aos objetivos (exploratória, descritiva ou explicativa); e quanto aos procedimentos (envolvem uma série de meios, como a pesquisa de campo, a bibliográfica, a documental, entre outras). Você pode utilizar essas classificações para construir o quadro-resumo. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* há a indicação de um artigo científico de Azevedo e Scarpa (2017), professoras da UFRGS, que detalha cada tipo de pesquisa.

Ao longo da aula, é importante frisar que o foco serão as pesquisas experimentais. Não deixe de ressaltar que elas não estão restritas aos laboratórios. Nesse momento, relembre-os do ambiente e das condições nas quais foram realizadas as atividades propostas na **Prática Investigativa** da Unidade 1. Debata, então, sobre as diferenças existentes entre esse tipo de estudo e o estudo baseado em modelagem matemática. Há uma matéria escrita por Tercic, Hafiz e Scartezini (2020), do grupo COMCiência, da Unicamp, indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, que demonstra como os modelos

matemáticos estão sendo usados para compreender o comportamento da epidemia de covid-19. Mostre a matéria para os estudantes e debata as variáveis mencionadas, tanto as que os pesquisadores já têm sobre o comportamento dos vírus como as que ainda faltam, como a carência de testagem e o índice de mortalidade da doença.

Enfatize a importância desse tipo de estudo mencionada no texto, sobretudo no que tange ao tratamento de dados complexos de uma epidemia em gráficos e outras formas mais inteligíveis. Destaque como esse tipo de trabalho auxilia a população em geral a compreender o comportamento da doença, bem como governantes e profissionais da área de saúde a fazer previsões que podem subsidiar a criação de políticas públicas de controle da doença.

A interpretação de modelos explicativos em um texto científico trabalha concomitantemente as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**. Lembre a turma de que uma das maiores preocupações dos países quanto ao achatamento da curva dos casos de covid-19 era saber quando a pandemia se encerraria. Com base nessa informação, você pode apresentar o conceito de extrapolação, indicando que, mesmo sem os dados futuros de número de fatalidades, investigadores conseguem realizar essas previsões por meio de extrapolações da curva. Em seguida, você pode apresentar o conceito de interpolação mostrando como a interpretação dessas curvas era fundamental para a população geral, principalmente para saber como progride a pandemia. Ambas as práticas favorecem o trabalho com a **Competência Geral 2**.

Peça aos estudantes que retomem a leitura do texto individualmente e, depois, promova uma discussão sobre os métodos indutivos e dedutivos, esclarecendo que o método indutivo busca um número suficiente de casos para concluir uma verdade geral. Ele passa de uma observação que fornece uma base para o conhecimento que se pretende construir. Com base na observação, fazem-se proposições que corroboram, partindo do particular para o geral. Esclareça que a indução parte necessariamente de um salto de raciocínio, em que se pressupõe que, se diversas observações se comportam da mesma maneira, é provável que isso possa ser extrapolado para os outros casos. Um exemplo típico de indução em Ciências Naturais é a teoria celular. Até hoje, todos os seres vivos que conhecemos ou são compostos de células ou, no caso dos vírus, só apresentam atividade vital quando estão em uma célula; logo, induzimos que todos os seres vivos são feitos de células. Mesmo contando com a incerteza, a indução nos permite criar modelos e prever situações, ainda que inéditas, com base em observações anteriores. Esse momento também pode ser uma oportunidade para correlacionar os métodos indutivo e dedutivo com a extrapolação e a interpolação, respectivamente.

O método indutivo é creditado ao filósofo Francis Bacon (1561-1626). Segundo ele, pode-se dividir o método em quatro etapas principais: coleta de informações observando de forma rigorosa a natureza; organização sistemática e racional dos dados; formulação de hipóteses analisando os dados; e comprovação das hipóteses com base em experimentos.

A dedução, por sua vez, contrapõe-se à indução, partindo do geral para o específico. O raciocínio dedutivo parte de uma premissa maior considerada verdadeira e vai tomando casos cada vez mais específicos para chegar a uma conclusão lógica. Para explicar melhor a diferença entre os dois métodos, pode-se fazer diferentes premissas lógicas para exemplificar, como as apresentadas abaixo:

- Todo gato tem pelos, todo cachorro tem pelos, todo urso tem pelos. Gatos, cachorros e ursos são mamíferos; logo todo mamífero tem pelos (exemplo indutivo, parte-se de premissas menores para uma conclusão generalista).
- Todos os mamíferos têm pelos; gatos são mamíferos; logo, gatos têm pelos (parte-se de um exemplo geral para chegar a uma conclusão lógica de um caso particular, exemplo dedutivo).

Se achar oportuno, você pode, em seguida, solicitar aos estudantes que tentem criar as próprias premissas.

A compreensão das duas formas de raciocínio é essencial para a construção de uma lógica sólida, minimizando falhas, para interpretar resultados e prever situações, e assim favorecer o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205**. O trabalho com lógica, analisando os diferentes métodos de raciocínio e compreendendo seus passos, suas implicações e premissas é muito importante para a construção da **Competência Geral 7**, que trabalha a argumentação. Com o ferramental lógico, os estudantes serão capazes de analisar argumentos, incluindo aqueles com premissas fracas ou generalizações não plausíveis, e contra-argumentar de forma coerente e embasada quando compreendem o raciocínio por trás do pensamento.

Caberia – como complemento ao exposto no Livro do estudante – mostrar as críticas, dentro da Filosofia da Ciência, aos raciocínios indutivo e dedutivo, uma vez que eles não dão conta, em si mesmos, do processo de produção de conhecimento. A dedução, por si só, não pode garantir que os fatos das premissas do argumento dedutivo sejam, de fato, verdadeiros. Observe o seguinte argumento dedutivo, formado pelas premissas P1 e P2 e pela conclusão C:

P1: Os homens têm sete braços.

P2: Pedro é um homem.

C: Pedro tem sete braços.

Essa estrutura argumentativa-dedutiva é logicamente válida, uma vez que, caso P1 e P2 sejam verdadeiras, então, C tem que ser verdadeira. Contudo, o fato de P1 e P2, nesse caso, serem falsas não invalida o argumento dedutivo proposto por meio dessas premissas. Eis aí, portanto, um problema do raciocínio dedutivo.

No que tange ao argumento indutivo, façamos referência ao experimento teórico do peru, mencionado no clássico "O que é ciência, afinal?", de Alan F. Chalmers. Um peru é alimentado todos os dias às nove da manhã. Logo, ele conclui que, dado dia, comerá sempre às nove. No dia 24 de dezembro, o peru acorda cedo, imaginando que, às nove, receberá seu alimento. Contrariamente à indução do peru, ele é degolado e depenado para ser preparado como prato principal da ceia de Natal. O enorme número de vezes que o evento "O peru é alimentado às nove da manhã" levou a uma conclusão falsa acerca da alimentação da ave e prova que o argumento é inválido. Esse é um problema do raciocínio indutivo. Para aprofundar seu conhecimento sobre ambas as formas de raciocínio, consulte a obra de Chalmers (1997), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Depois, peça aos estudantes que retomem suas listas e revejam-nas cotejando com o texto de forma dialogada com a turma. Todos listaram os mesmos procedimentos de

SEM OFERTA

pesquisa que apareceram no texto? Uma boa estratégia seria complementar o quadro-resumo com informações novas.

Deixe claro que a pesquisa documental e o estudo de caso são os métodos que mais favorecem a indução, por se tratar de casos específicos que permitem uma análise geral. No entanto, esclareça aos estudantes que, mesmo nesses casos, o raciocínio dedutivo também se faz presente, pois os pesquisadores utilizam-no para escolher os documentos que pesquisarão ou o caso particular que estudarão, com base em hipóteses construídas anteriormente. A pesquisa bibliográfica depende da análise do observador. Ele pode pesquisar leis e casos gerais e assim deduzir uma situação específica ou ainda pesquisar casos específicos estudados e extrapolar suas conclusões para situações mais gerais.

As pesquisas experimentais e as pesquisas de campo podem ser prioritariamente indutivas ou dedutivas dependendo da pergunta a ser feita. No caso de uma pesquisa experimental que tenta construir modelos matemáticos, pode-se procurar modelos gerais para explicar situações específicas e interpolam-se essas leis gerais para um fenômeno específico (exemplos do assunto podem ser as leis matemáticas de fenômenos físicos: ao descobrirmos um planeta novo, por exemplo, já supomos que a lei da gravitação universal se aplicará a ele e aos corpos ao seu redor). Ou, ainda, busca-se em diversas situações específicas (o estudo de muitas epidemias ou de muitos dados sobre uma situação epidêmica exclusiva) criar um modelo geral que permita prever como uma doença se replicará na população; assim, faz-se uma extrapolação de diversas observações e análises específicas, tentando dessa maneira generalizar o comportamento da epidemia, ou seja, um pensamento indutivo.

As pesquisas de campo também seguem o mesmo padrão. O pesquisador pode realizar observações para corroborar uma hipótese geral e, assim, realizar interpolações em um pensamento dedutivo ou coletar dados em diferentes situações para, a partir dessas observações, extrapolar o pensamento para suposições gerais.

Por fim, peça aos estudantes que respondam às questões propostas na seção. A seção como um todo explora a linguagem matemática (gráficos) na apresentação de dados científicos, o que favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 4**. Na atividade 3, os estudantes são convidados a coletar os dados e elaborar gráficos e tabelas, mobilizando efetivamente a competência.

Faça a correção orientada pelas respostas esperadas que estão disponíveis na seção *Resoluções das atividades* deste Suplemento.

Pensamento crítico e argumentação

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Elaborar questões, hipóteses e previsões para serem avaliadas sob a perspectiva do método hipotético dedutivo.
- Interpretar informações científicas em textos de divulgação, considerando os critérios de *falseabilidade* e *replicabilidade* para avaliar a confiabilidade das informações.
- Realizar pesquisas levando em consideração as preocupações inerentes à credibilidade de métodos da Ciência, como a *falseabilidade* e a *replicabilidade*.
- Utilizar a linguagem e as ferramentas próprias dos ambientes digitais de forma crítica e responsável para criar e publicar um *post* acerca do consumo sustentável.

Subsídios para o planejamento

Esta seção pode ser conduzida pelos professores dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. As reflexões sugeridas e favorecidas pelas questões propostas abordam tanto aspectos relativos às fronteiras do conhecimento científico quanto o papel das tecnologias digitais de informação e de comunicação nas ações dos sujeitos. Por isso, a parceria com os professores das áreas de Linguagens e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas é fundamental.

Inicie o trabalho com esta seção sugerindo aos estudantes que leiam individualmente a parte introdutória do texto e que registrem uma definição para os termos *revisão por pares* e *falseabilidade*. Depois, peça a alguns estudantes que compartilhem suas definições oralmente com a turma e registre algumas respostas no quadro de giz. Ao longo desse processo, procure certificar-se de que eles compreenderam os dois termos. Para ajudar nessa preparação, consulte o texto sobre revisão por pares de Nassi-Calò (2015) e o livro de Chalmers (1997), sobre o que é a Ciência, ambos indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Na sequência, organize as duplas de trabalho, o que favorecerá o desenvolvimento da **Competência Geral 9**, uma vez que os estudantes terão oportunidade de incorporar princípios como empatia, cooperação, cuidado e respeito ao outro, entre outros valores. Disponibilize um tempo para eles responderem à primeira questão e, depois, peça às duplas que compartilhem suas conclusões e, orientado pelas respostas esperadas na parte *Resolução das atividades* deste Suplemento, promova uma discussão procurando relacioná-las às definições que os estudantes elaboraram para o termo *falseabilidade*.

Se julgar oportuno, é possível realizar um aprofundamento da ideia de *falseabilidade* como critério para demarcar os limites da Ciência. Alguns autores consideram que a *falseabilidade* por si só não pode ser usada para demarcar a Ciência, sobretudo em razão da variedade de métodos presentes nas Ciências da Natureza que extrapolam os limites do método hipotético dedutivo de Popper. Um aprofundamento sobre o assunto pode ser obtido no livro de Chalmers (1997) e no trabalho de Pires (2018), ambos indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Essa primeira questão e o aprofundamento nos métodos da Ciência oportunizam o trabalho com as **Competências Gerais 1 e 2**, uma vez que os estudantes terão de recorrer à abordagem da Ciência e reconhecer a variedade de seus métodos para fazer relações de forma crítica e reflexiva.

Dando prosseguimento à atividade, peça aos estudantes que leiam o parágrafo sobre replicabilidade e escrevam no caderno uma definição para esse termo e para método. Registre no quadro de giz algumas respostas e promova uma discussão coletiva sobre o tema, procurando certificar-se de que eles compreenderam os conceitos em questão. Além das referências

indicadas anteriormente, o trabalho de Marques (2019), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* pode ajudar a elucidar o papel da replicabilidade para o conhecimento científico. Esclarecer possíveis dúvidas sobre esse conceito ajudará na resolução da segunda questão.

A leitura dos resumos dos estudos usados na questão 2 possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT303** e **EM13LP30**, das **Competências Gerais 1 e 2**, pois os estudantes entrarão em contato com mais um critério de caráter científico, a replicabilidade. Após o tempo acordado com a turma para a resolução da alternativa "a" da questão 2, prossiga com a discussão coletiva. Orientado pelas respostas esperadas, certifique-se de que os estudantes compreenderam o que foi concluído em cada trabalho. Essa leitura interpretativa vai ajudá-los a responder aos itens seguintes. Para a correção das alternativas "b" e "c", peça a diferentes duplas que apresentem para a turma as justificativas que encontraram nos fragmentos dos textos. Ao longo da correção, procure retomar as definições dos conceitos estudados e que foram elaboradas por eles, conforme os registros no quadro de giz.

Depois da resolução da alternativa "d", aproveite para explorar as diferenças metodológicas em cada um dos estudos e trazer reflexões sobre os métodos da Ciência; essa estratégia contribui para o aprofundamento das **Competências Gerais 1 e 2**. Para sua preparação, recomendamos, na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* o trabalho de Gil-Pèrez e colaboradores (2011). Além disso, se julgar oportuno, forneça aos estudantes resumos de outras pesquisas para que reflitam tanto sobre os critérios de *falseabilidade* e *replicabilidade*, quanto sobre a variedade de *métodos* na Ciência. O material suplementar do trabalho de Azevedo e Scarpa (2017), também indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, traz algumas situações que podem ser usadas como exemplo para embasar essa discussão.

Para a terceira questão, oriente as duplas a retomar as respostas dadas às questões anteriores. Visando aprofundar o trabalho com a habilidade **EM13CNT301** e as **Competências Gerais 1 e 2**, oriente-se pelas respostas esperadas e promova uma discussão para que as duplas compartilhem seus projetos com o restante da turma, respondendo às alternativas da questão 3.

Na sequência, sugira um agrupamento de projetos semelhantes para que os estudantes coletem os dados na comunidade escolar. A coleta de dados pode ser realizada por meio de questionários, entrevistas e observações do comportamento das pessoas em situações de consumo. Para ajudar na elaboração desses questionários, peça aos estudantes que em grupos: (i) pesquisem trabalhos que avaliaram a relação entre consumo e propaganda e (ii) observem como os dados foram coletados e quais foram as perguntas que guiaram os estudos. Um exemplo pode ser encontrado na matéria de Ciscati (2016), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Essa busca e a análise de trabalhos permite o desenvolvimento da habilidade **EM13LP29**, o aprofundamento da habilidade **EM13CNT301** e da **Competência Geral 8**, ao possibilitar aos estudantes a identificação do papel da publicidade no consumo da comunidade escolar na qual eles vivem.

Por fim, para o fechamento da seção, propõe-se aos estudantes que utilizem os conceitos trabalhados para uma produção a ser divulgada fora da sala de aula. Essa estratégia possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13LGG703** e **EM13LP12**, que estão relacionadas a processos de produção textual, e da habilidade **EM13LP13**, cujo o foco é a relação entre elementos sonoros, recursos verbais e multissemióticos na produção de sentidos. Com o intuito de explorar a criatividade dos estudantes, incentive-os a elaborar o *post* considerando suas diferentes formas possíveis: um texto curto, uma imagem com poucas frases, um vídeo, uma animação etc. Nesse momento, é interessante discutir com a turma elementos associados à publicidade que influenciam na hora de fazer uma publicação na internet, como o uso de imagens, cores, efeitos sonoros, áudios, *hashtags*, *emojis* e a quantidade de caracteres. Antes de publicar o *post,* sugira aos estudantes que ele passe pela avaliação da turma e que considerem os critérios discutidos ao longo da seção. Durante essa atividade, os estudantes terão que elaborar resumos de proposta de projeto para compreender como a publicidade afeta o consumo dos indivíduos da comunidade escolar, além de produzir e divulgar um *post* em uma rede social defendendo a importância do consumo responsável e sustentável, mobilizando as **Competência Gerais 4 e 5**. Além disso, a atividade permite que os estudantes analisem os argumentos sobre a influência da publicidade no consumo, refletindo a respeito dos gostos pessoais e da forma como podem ser manipulados e discutindo de maneira crítica e embasada em dados e informações confiáveis, o que favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 7 e 8**. Ao promover o trabalho em grupo, que visa a conscientização da comunidade sobre a importância do consumo responsável e sustentável, as atividades dessa seção incentivam os estudantes a incorporar princípios como empatia, cooperação e respeito ao próximo, além de desenvolver autonomia, responsabilidade e resiliência no processo de aprendizagem, promovendo assim o trabalho com as **Competências Gerais 9 e 10**.

Comunicação

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer e refletir sobre o impacto da poluição sonora na qualidade de vida da população.
- Utilizar instrumentos de medida de decibéis para realizar medições em diferentes áreas.
- Mapear as áreas de acordo com a poluição sonora e plotá-las em um mapa do município.
- Produzir *podcast* sobre poluição sonora para conscientizar a população dos riscos à saúde decorrentes da exposição contínua a ruídos.

Subsídios para o planejamento

Esta seção prevê que os estudantes pesquisem, coletem e sintetizem os conhecimentos obtidos nesse processo para produzir *podcast*. O tema trata de um risco que muitas vezes passa despercebido por adolescentes: a poluição sonora. Os professores de Ciências da Natureza são aptos a conduzir essa seção.

Inicie a aula perguntando aos estudantes se eles têm o hábito de usar fone de ouvido em volume alto, de frequentar eventos muito ruidosos e se já sentiram algum sintoma físico

MANUAL DO PROFESSOR

após a exposição a locais muito barulhentos. Questione quais são os males que um ambiente ruidoso pode causar e em quais circunstâncias. É possível que algum estudante diga algo como: "Sempre ouvi música alta e isso nunca causou-me nada". Se essa ou alguma observação parecida acontecer, pergunte à turma por que trabalhadores que são expostos a sons altos utilizam proteção. Além do volume do som, o tempo de exposição pode provocar efeitos prejudiciais ao corpo. Esclareça que, muitas vezes, os efeitos da poluição sonora demoram a aparecer e se tornam mais graves quanto mais frequentes forem.

Os efeitos provocados no organismo pelo barulho podem ser físicos e até desencadear problemas comportamentais. Os efeitos físicos mais óbvios são relacionados a danos no ouvido, causando desde sintomas leves, como zumbidos que depois desaparecem, a danos mais graves, como perda da audição. E os efeitos fisiológicos do barulho podem acarretar também diferentes danos físicos, como as reações de estresse desencadeadas no organismo. O barulho induz respostas no sistema endócrino, que culminam na excreção de adrenalina e noradrenalina. Esses hormônios estão ligados às reações de luta e fuga do corpo, acelerando batimentos cardíacos, frequência respiratória e aumentando o risco de diversas doenças do sistema cardiovascular.

Para reunir mais argumentos para o debate com os estudantes, consulte, na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, uma reportagem do canal UOL escrita por Fujita (2012), com uma fonoaudióloga que explica os problemas sociais decorrentes do barulho em grandes cidades. Há também uma reportagem jornalística que pode ser exibida aos estudantes para auxiliar na compreensão dos danos que podem ocorrer por causa da exposição a locais com muito barulho. A análise da própria situação, refletindo sobre a poluição sonora a que são expostos, seja de forma autoinfligida, seja por viver em regiões suscetíveis a ao barulho, trabalha a habilidade **EM13CNT207** e a **Competência Geral 8**. Já a habilidade **EM13CNT306** é favorecida quando os estudantes participam da discussão refletindo sobre os riscos da exposição a locais e/ou equipamentos muito barulhentos e propondo comportamentos mais seguros, como o uso de equipamentos de segurança.

Em seguida, solicite aos estudantes que leiam o primeiro parágrafo da citação de reportagem da revista *Época* e identifiquem regiões do município em que vivem que tenham a mesma característica. Discuta as medidas adotadas nessas regiões. Se necessário, acesse o *site* da prefeitura ou da câmara dos vereadores para pesquisar a legislação sobre ruídos excessivos. Debata com os estudantes se a legislação é suficiente para resolver o problema e que medidas poderiam ser tomadas para diminuir a poluição sonora no município. Nesse momento, deixe-os levantar livremente as questões com base em situações pessoais. É possível que surjam reclamações pontuais como um estabelecimento mais ruidoso em determinada região ou carros que passam fazendo barulhos em horários inapropriados, entre outras. Se julgar necessário, oriente-os a retornar ao Tema 1, em que são abordadas as problemáticas relacionadas à poluição sonora.

Solicite aos estudantes que se reúnam em grupos de quatro ou cinco integrantes e leiam o contexto da pesquisa para iniciar o trabalho da seção. Os grupos vão discutir o tema e analisar as etapas propostas para a realização do trabalho. O objetivo final é que consigam construir um *podcast* informativo para um público mais amplo, com informações embasadas por pesquisas próprias sobre a poluição sonora no ambiente em que vivem. O trabalho realizado em grupo, sobretudo para analisar os contextos em que a poluição sonora é causada e avaliar forças de mediação de conflitos entre quem provoca o ruído e a população incomodada, contribui para o exercício da empatia e do diálogo, além de estimular a resolução de conflitos e a cooperação entre seus membros, aspectos previstos pela **Competência Geral 9**.

A primeira etapa consiste na avaliação da situação-problema e no planejamento da pesquisa que subsidiará o trabalho. Debata com os estudantes e peça a eles que reflitam em grupo as medidas necessárias para a realização da investigação sobre o ruído na região em que vivem. Alguns questionamentos são importantes: "É possível mapear todo o município ou farão um recorte de área?"; "Quais são as áreas que eles consideram essenciais para realizar medições?"; "Quais são os horários em que seria interessante medir o ruído daquela área?"; "Há possibilidade de fazer entrevistas?"; "Com quem fariam as entrevistas para melhor abordar o tema?".

Esse trabalho pode ser realizado com a técnica de *brainstorming* no grupo, que consiste em anotar, sem grande reflexão, todas as ideias que forem levantadas. Após o registro das ideias, os estudantes devem então reler tudo o que escreveram e filtrar as melhores ideias, aprimorando-as.

Durante o debate sobre as ideias que surgirem, recomende aos estudantes que façam as medições em diferentes horários. Isso é importante porque, em diversos lugares, o barulho varia muito ao longo do dia. Oriente os estudantes sobre medidas de segurança que devem ser adotadas quando ficarem parados em locais para realizar as medições. É importante que não façam as medições sozinhos, sobretudo em locais mais ermos, e que tentem realizá-las o mais rapidamente possível, para minimizar a exposição.

Caso consigam fazer entrevistas, oriente os estudantes a fazer algumas perguntas básicas sobre o tema e procurar pessoas que morem ou trabalhem nos locais em que vão realizar as medidas. Sugira que entrevistem profissionais da saúde do trabalho para falar sobre os problemas relacionados à poluição sonora. Para obter melhor qualidade da gravação das entrevistas em áudio, oriente os estudantes a procurar nas configurações do seu gravador de voz o formato WAV. Os estudantes também podem procurar informações na internet para editar e melhorar a qualidade do áudio produzido. A entrevista, se ocorrer, aprofunda o trabalho com a habilidade **EM13CNT207**, ao colaborar para identificação e análise de vulnerabilidades de natureza física, psicoemocional e social relacionadas à poluição sonora.

Realize debates prévios com cada grupo para orientar a pesquisa, observando os locais em que os estudantes planejaram fazer suas medições e os respectivos horários, a forma como organizaram a coleta de dados, e auxiliando-os com os contatos para entrevistas, se houver. O trabalho de orientação deve ser dialógico, com o professor como mediador das ideias dos estudantes, ajudando nas tomadas de decisões. É importante que, ao final do processo, os estudantes tenham evidentes os riscos de se exporem a ambientes ruidosos não apenas para si próprios, mas como um problema de saúde pública, que afeta toda a população em municípios com muito barulho.

REPRODUÇÃO

Após a coleta de dados organize o tempo para que os estudantes possam fazer a pesquisa e analisar os resultados. Esse momento favorece o desenvolvimento das subdimensões busca de informação e aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**, pois os estudantes precisam avaliar a pertinência e a confiabilidade de fontes diversas, fazer conexões e atribuir significados. Realize um debate para a socialização dos resultados obtidos pelos diferentes grupos para construir um panorama sobre o mapeamento de ambientes com índices de poluição sonora no município. Debata a localização dos pontos mais e menos ruidosos, traçando um paralelo com a qualidade de vida encontrada em cada uma dessas regiões. A comparação das regiões e de seus aspectos, analisando também questões econômicas e como isso influencia na qualidade de vida de toda a região, é um importante debate que trabalha a habilidade **EM13CHS301**. Ao final do debate, solicite aos estudantes que pensem em soluções, principalmente advindas do poder público, mas não apenas dele, para mitigar os efeitos da poluição sonora nos locais onde os índices estão mais alarmantes.

Solicite aos grupos que elaborem um texto dissertativo expositivo sobre as maneiras pelas quais a exposição a ambientes ruidosos pode impactar a saúde, utilizando os dados coletados para subsidiar a escrita do texto. Utilize esse texto para avaliação dos grupos e faça uma correção com comentários para que esse texto sirva de base para a elaboração dos roteiros dos *podcasts*.

Depois, parte-se para a segunda etapa, a compreensão de como os dados serão tornados públicos. Debata com os estudantes sobre os *podcasts*, se possível ouvindo alguns em sala de aula, caso os estudantes não estejam familiarizados com essa forma de transmissão de conteúdo. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* há um episódio do *podcast* "Momento Cidade #19 – É possível regular os sons da cidade?", da Universidade de São Paulo, elaborado por Pacheco (2020), que debate o tema poluição sonora. Indique-o aos estudantes para servir-lhes de inspiração. Esclareça que *podcasts* são arquivos de áudio transmitidos pela internet, como se fossem um programa de rádio, com a diferença de que a pessoa pode ouvir o conteúdo quando quiser e não apenas no momento em que está sendo transmitido.

Reforce que os *podcasts* precisam ter uma linguagem que cative o público e, portanto, solicite aos estudantes que levem isso em consideração ao pensar em pontos de interesse na sua produção. Comente que muitos *podcasts* utilizam linguagens simples para explicar temas complexos, como política internacional, Física, programação, entre outros. A matéria de Silva (2020), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, contém uma lista de *podcasts* sobre Ciência. Pode-se solicitar a cada grupo que escute alguns episódios dos *podcasts* listados e depois apresente suas impressões aos outros grupos com questões como: "Qual é o tema do *podcast*?"; "Quem são os participantes?"; "Como o conteúdo é abordado?". Ao conhecer diferentes produções que visam democratizar o acesso à Ciência, como *podcasts* com esse enfoque e outros com variados temas, e refletir sobre o modo de produzir o próprio *podcast*, os estudantes trabalham a **Competência Geral 3**, valorizando diferentes manifestações culturais e refletindo sobre como será a própria produção.

É importante que o conceito do que é um *podcast* esteja claro para os estudantes antes de realizar a pesquisa, pois assim poderão refletir sobre quais as melhores formas de apresentar o conteúdo, e isso também pode influenciar na coleta de dados: por exemplo, se fizerem a entrevista, ela será transmitida na íntegra, como parte do *podcast*, ou será utilizada como subsídio para os estudantes compreenderem a poluição sonora? Isso influenciará, por exemplo, nas perguntas feitas. Ao contrário de outras mídias, os *podcasts,* utilizam apenas o áudio para transmitir ideias, sem o auxílio de textos, imagens ou vídeos. Esse formato permite que as pessoas o escutem enquanto realizam outras atividades, como dirigir, lavar a louça, fazer exercícios, entre outros; portanto, peça aos estudantes que reflitam sobre o modo pelo qual podem passar as informações da pesquisa utilizando apenas o áudio e como deve ser a linguagem.

Para a elaboração do *podcast*, oriente os estudantes, com base no debate e no texto, a refletir sobre o roteiro que servirá de suporte para a gravação do episódio. É importante frisar que eles devem focar o público-alvo e o assunto que querem transmitir com uma sequência lógica: apresentação dos locutores, introdução e explicação da pesquisa e dos achados, possíveis conclusões e soluções para os problemas encontrados. Todo o planejamento prévio do discurso, bem como a produção do roteiro e do *podcast*, levando esses pontos em consideração, trabalha a habilidade **EM13LP45**. Ressalte para os estudantes que o *podcast* não se baseia na leitura do texto dissertativo e que o roteiro não deve ser uma transcrição do que será dito. Esclareça que eles devem ter uma linguagem mais fluida para cativar o público e que o roteiro serve de base para a organização das falas e deve conter pontos que podem ser facilmente esquecidos, como dados estatísticos encontrados na pesquisa, autores ou pesquisas que devem ser mencionados, entre outros achados da pesquisa inicial. Disponibilize o tempo necessário para a formulação do roteiro do *podcast* e peça aos estudantes que o entreguem por escrito para avaliação.

Após sua avaliação, se houver necessidade, peça aos estudantes que façam os ajustes necessários no roteiro, deixando-o pronto para a gravação dos *podcasts*. Em seguida, programe um dia para que os grupos possam apresentar os *podcasts* aos demais colegas da turma, realizando uma avaliação coletiva de cada um deles antes da apresentação final ao público. O trabalho em equipe sobre problemas locais também envolve a reflexão sobre ações individuais e coletivas, tanto do grupo quanto de toda a comunidade que sofre com a poluição sonora, favorecendo assim o desenvolvimento da **Competência Geral 10**. A construção do mapa e sua explicação para um público mais amplo por meio de uma mídia digital, o *podcast*, favorecem o trabalho com as **Competências Gerais 4 e 5**. A habilidade **EM13CNT302** também está diretamente relacionada a esse processo, sendo, portanto, mobilizada.

Se a escola tiver redes sociais ou *site* bem estruturado, o *podcast* pode ser disponibilizado nesse espaço. Caso contrário, solicite aos estudantes que façam pesquisas para identificar quais agregadores de *podcast* o público-alvo escolhido teria mais facilidade de acessar e disponibilize o *podcast* nessa plataforma. Estimule os estudantes a divulgar suas produções para o público-alvo escolhido e a utilizar ferramentas (comentários nos agregadores ou no *site*) para que recebam os comentários de retorno da produção.

REPRODUÇÃO

Uma sugestão para ampliar a atividade é publicar o mapa do município com os pontos mais críticos da poluição sonora junto com o *podcast*. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* está indicando o *site* do INADSP, um projeto que buscou mapear o ruído na cidade de São Paulo. Se possível, explore esse *site* com os estudantes analisando o mapa e debatendo as descobertas do projeto. Há ferramentas visuais que podem ser utilizadas em municípios maiores, como o *datawrapper* indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Para dar fechamento ao trabalho com a Unidade, proponha a reflexão sobre as duas questões do quadro **Revise e amplie!**. Essas questões, que são metacognitivas, têm como objetivo a autoavaliação da aprendizagem e o aprofundamento sobre a temática estudada. Dessa forma, o trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Apoio ao trabalho pedagógico

- AGUIAR, J. G. de; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265/2830>. Acesso em: 27 jul. 2020.

O artigo apresenta quatro parâmetros de referência que ajudam a relacionar a teoria e a prática sobre mapas conceituais.

- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Decisões envolvidas na elaboração e validação de um questionário contextualizado sobre concepções de natureza da Ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, p. 57-82, 2017. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/449/pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

A parte introdutória deste trabalho apresenta algumas reflexões sobre a natureza da Ciência no ensino. Além disso, o material suplementar traz exemplos de situações que podem ser adaptadas para discutir a variedade metodológica na Ciência.

- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

O artigo procura definir o que são pilhas e baterias, apresentando seu funcionamento e impactos ambientais.

- CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. de M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível, o mito do combustível limpo. *Química Nova na Escola*, n. 28, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/03-QS-3207.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

O artigo apresenta aspectos ambientais relevantes sobre a produção e o uso dos biocombustíveis, sobretudo do álcool, desmistificando a denominação de combustível limpo utilizada, principalmente, pelos meios de comunicação, quando se referem a esse tipo de combustível.

- CCEAD PUC-RJ. *A Química do fazer, Pilhas e Baterias*. (10 min 29 s). 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ghTtUUVz1DQ>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Vídeo que explica o funcionamento das pilhas e baterias, além de apresentar o contexto histórico de sua invenção.

- CCEAD PUC-RJ. *Tudo se transforma – pilhas e baterias* (13 min 29 s). 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YhOTy_Itu-8>. Acesso em: 10 ago. 2020.

Conteúdo produzido pela PUC-RJ em parceria com o Ministério da Educação, o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação sobre o funcionamento e a evolução das pilhas e baterias.

- CHALMERS, A. F. *O que é Ciência afinal?* São Paulo, Brasiliense, 1997.

O livro traz uma série de reflexões filosóficas elementares para fundamentar discussões relativas às bases do conhecimento científico, em particular o que o diferencia de outras formas de conhecimento. Reflexões importantes sobre o falsificacionismo, particularmente, podem ser obtidas nos capítulos "Apresentando o falsificacionismo" e "As limitações do falsificacionismo".

- CISCATI, R. Estudo sugere que publicidade infantil faz crianças comerem mais açúcar e gordura. *Revista Época*, 2016. Disponível em: <https://epoca.globo.com/vida/noticia/2016/07/estudo-sugere-que-publicidade-infantil-faz-criancas-comerem-mais-acucar-e-gordura.html>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Essa matéria traz informações que podem ajudar na elaboração de perguntas para a coleta de dados na comunidade escolar a fim de avaliar a influência da propaganda no consumo.

- CONSERVATION strategy fund. *Valorização dos serviços ecossistêmicos*: classe de valores. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Wv1Wm3HbsQo>. Acesso em: 18 ago. 2020.

O vídeo traz conceitos básicos da economia da conservação, apresentando métodos de estimação do valor de um ecossistema.

- Datawrapper GmbH. *Create interactive maps with Datawrapper*. Disponível em: <https://www.datawrapper.de/maps/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Ferramenta virtual que permite a criação de mapas e gráficos interativos.

- FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. *Cadernos EBAPE.BR*, v. 14, n. 3, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cebape/v15n3/1679-3951-cebape-15-03-00667.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse artigo, os autores abordam os conceitos das palavras "sustentável", "sustentabilidade" e "desenvolvimento sustentável" a partir de uma perspectiva história, também tratando das variações dos significados desses termos na literatura em razão do número de perspectivas e vinculações ao contexto e ao campo de atuação. O intuito dos autores é colaborar para a construção do axioma desses conceitos.

- FERREIRA, P. G.; SILVA, F. C. da; FERREIRA, V. F. A importância da Química para a economia circular. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, 2017. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/VitorNoPrelo.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse trabalho, é discutida a importância da Química para a economia circular, contribuindo para a mudança do paradigma direcionado ao consumismo e à extração de recursos não renováveis, em busca de uma simbiose entre um sistema de produção e o consumo sustentável, alertando as autoridades e a população sobre uma nova forma de pensar a economia, em contraste com o modelo linear vigente.

EDIÇÃO DOCENTE

- FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v29n4/30263.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Os autores discutem o conceito, as estruturas e as propriedades de polímeros biodegradáveis naturais e sintéticos, além de alguns métodos para se estudar a biodegradação/biodeterioração de polímeros.

- FUJITA, G. Barulho influencia no aumento da violência urbana nas grandes cidades, diz fonoaudióloga. *UOL Cotidiano*, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2012/05/01/barulho-influencia-no-aumento-da-violencia-urbana-das-grandes-cidades-diz-fonoaudiologa.htm>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Matéria jornalística que mostra a relação entre o estresse causado pela poluição sonora e o aumento da violência urbana.

- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Neste livro, o autor pretende apresentar aos iniciantes, de forma acessível, os principais pontos e elementos para a elaboração de projetos de pesquisa.

- GIL-PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Os autores apresentam os principais mitos associados à natureza da Ciência e discutem as implicações de imagens deformadas sobre o trabalho científico para o ensino e a aprendizagem de Ciências.

- GOES, L. F.; FERNANDES, C.; AGOSTINHO, S. M. L. Concepções e dificuldades de um grupo de professores de Química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica. *In*: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XVIII ENEQ), 2016. Florianópolis, *Anais*... Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0236-1.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

O trabalho mostra diversas concepções e dificuldades de um grupo de professores de Química do Ensino Médio no ensino de conceitos fundamentais de eletroquímica, condizentes com a literatura sobre concepções alternativas sobre o tema. O trabalho também apresenta uma revisão das principais concepções alternativas e dificuldades conceituais apresentadas sobre o tema na literatura nacional e internacional.

- ICMbio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. v. I-VII. Disponíveis em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article/10187>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nessa página da internet os estudantes encontrarão disponíveis para *download* todos os livros da fauna ameaçada de extinção.

- INADSP. Mapa Centro SP - Online. *Mapa de ruído urbano*. Disponível em: <http://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruido/mapa-centro-sp/mapa-online-2019/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Site que mostra o mapa de ruído de diferentes regiões e horários na cidade de São Paulo.

- KLOS, J. *The threat of invasive species*. TED-Ed. Disponível em: <https://ed.ted.com/lessons/the-threat-of-invasive-species-jennifer-klos>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse vídeo em inglês são apresentados os diversos aspectos da ameaça provocada pelas espécies invasoras. É necessário ativar as legendas em português.

- LABIRINTO. 2012. *Canal Cicle 10 Media*. (4 min 37 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2vzlJ9Rb0Bo>. Acesso em: 27 jul. 2020.

O vídeo mostra o artista Eduardo Srur apresentando sua obra, uma instalação urbana na forma de um labirinto de lixo. Ele explica as decisões artísticas e de linguagem escolhidas.

- LENARDÃO, E. J. *et al*. "Green Chemistry" – os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v26n1/14310.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse artigo, são sumarizados os 12 Princípios da Química Verde e como esses princípios estão sendo aplicados na academia, nas indústrias e nas atividades de pesquisa ao redor do mundo.

- LIGO – SCIENTIFIC COLLABORATION. Observação de ondas gravitacionais da fusão de um sistema binário de buracos negros. Disponível em: <https://www.ligo.org/detections/GW150914/science-summary/portuguese.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Texto de divulgação científica, produzido pelo LIGO, a respeito da primeira detecção das ondas gravitacionais, de 2015.

- LINDEMANN, R. H. *et al.* Biocombustíveis e o ensino de Ciências: compreensões de professores que fazem pesquisa na escola. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 1, 2009. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART18_Vol8_N1.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse artigo, são apresentadas as compreensões de professores de Ciências acerca da temática dos biocombustíveis.

- MARASCIULO, M. 7 *podcasts* brasileiros que você precisa conhecer. *Revista Galileu*, 30 jul. 2018, Tecnologia. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/noticia/2018/07/7-podcasts-brasileiros-que-voce-precisa-conhecer.html>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nessa página encontra-se um artigo jornalístico com sinopses de 7 *podcasts* brasileiros.

- MARQUES, F. Mecanismos de autocorreção da Ciência. *Revista Pesquisa Fapesp*, 280 ed., 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mecanismos-de-autocorrecao-da-ciencia/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Baseado em um relatório proposto por academias de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos, o autor aponta nesse texto a replicabilidade e a reprodutibilidade como ações que podem ajudar a reduzir a quantidade de trabalhos que não têm seus resultados confirmados por outros estudos ao longo do tempo.

- MASCARENHAS, A. J. S.; OLIVEIRA, E. C.; PASTORE, H. O. Peneiras moleculares: selecionando as moléculas por seu tamanho. *Química Nova na Escola,* edição especial, 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/02/peneiras.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse trabalho, os autores discutem a origem, o desenvolvimento, as estruturas, as propriedades e os exemplos de aplicações de zeólitas e peneiras moleculares, para ilustrar a importância e o potencial tecnológico desses materiais.

EDITORIA

- MEYER, D. Quais fatores determinam a diversidade genética em animais. *Darwinianas*, set. 2006. Disponível em: <https://darwinianas.com/2016/09/27/quais-fatores-determinam-a-diversidade-genetica-em-animais/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse texto, Diogo Meyer, professor da USP, discute as últimas descobertas científicas relacionadas aos fatores que determinam a diversidade genética em animais, permitindo a aplicação desse conhecimento nas propostas de unidades de conservação.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Serviços Ecossistêmicos. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse *site* são explorados os fatores relacionados aos serviços ecossistêmicos de acordo com a proposta da Convenção da Diversidade Biológica (CDB).

- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562/355>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse artigo, é introduzida uma ferramenta para analisar maneiras pelas quais professores interagem com alunos para promover a construção do significado no plano social das aulas de Ciências na escola secundária.

- NASCIMENTO, C. S.; GOBARA, S. T. A contextualização do ensino de ondas sonoras por meio do corpo humano. *Atas do VII ENPEC*. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis: ABRAPEC, 2009. Disponível em: <http://gpeqsc.com.br/guaipira/artigos/2009_7_ENPEC.21.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Proposta de ensino sobre o tema de ondas sonoras que utiliza a contextualização por meio de produção de sons no corpo humano.

- NASSI-CALÒ, L. Avaliação por pares: ruim com ela, pior sem ela. *SciELO em Perspectiva*, 2015. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2015/04/17/avaliacao-por-pares-ruim-com-ela-pior-sem-ela/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

A autora discute o papel da revisão por pares como um dos principais pilares da avaliação e legitimação da produção do conhecimento científico, com o intuito de explicar como funciona esse processo e problematizar as possíveis fontes de vieses associadas a essa revisão.

- *O que é uma espécie invasora. Dicionário ambiental*. ((o))eco, 2014. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28434-o-que-e-uma-especie-exotica-e-uma-exotica-invasora/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

Nesse texto são discutidos diversos aspectos relacionados às espécies exóticas e aos desequilíbrios por elas causados.

- *O que são serviços ambientais. Dicionário ambiental*. ((o)) eco, 2014. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28158-o-que-sao-servicos-ambientais/>. Acesso em: 18 ago. 2020.

Nesse texto são explorados os principais aspectos e a classificação dos serviços ecossistêmicos.

- OBSERVATÓRIO COVID-19 BR. Estimativa do número de reprodução da epidemia. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://covid19br.github.io/informacoes.html#estimativa-do-n%C3%BAmero-de-reprodu%C3%A7%C3%A3o-da-epidemia>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Site do Observatório Covid-19 BR, uma iniciativa de diversos pesquisadores para analisar dados sobre a epidemia e realizar análises.

- OKI, M. da C. M. A eletricidade e a química. *Química Nova na Escola*, n. 12, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a08.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

O artigo traz a importância, a partir da História da Ciência, da eletricidade no desenvolvimento da Química, buscando contribuir para maior aproximação entre a Física e a Química.

- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – BRASIL. *Mundo está sendo inundado por lixo plástico, diz secretário-geral da ONU*. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mundo-esta-sendo-inundado-por-lixo-plastico-diz-secretario-geral-da-onu/#:~:text=%E2%80%9CNosso%20mundo%20est%C3%A1%20sendo%20inundado,de%20toneladas%20acabam%20nos%20oceanos%E2%80%9D.&text=No%20Dia%20Mundial%20do%20Meio,n%C3%A3o%20pode%20reutilizar%E2%80%9D%2C%20declarou>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Esse texto da ONU traz resultados em números de seus relatórios sobre a preservação socioambiental e apresenta algumas iniciativas de seus órgãos, como a Unesco e a Organização Internacional para as Migrações, para lidar com o problema dos resíduos plásticos.

- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – BRASIL. O que é a Agenda 2030. (3 min 33 s). 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=j8L1CcanjT8>. Acesso em: 28 jun. 2020.

Vídeo que apresenta brevemente os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.

- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – BRASIL. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Apresentação da Agenda 2030, com a descrição das suas dimensões e cada um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O documento traz objetivos e metas de desenvolvimento sustentável e meios de implementá-los.

- PACHECO, D. Momento Cidade #19: É possível regular os sons da cidade?. *Jornal da USP,* 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/podcast/momento-cidade-19-e-possivel-regular-os-sons-da-cidade/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Matéria jornalística e episódio do *podcast* Momento Cidade em que é debatida a questão da poluição sonora na cidade de São Paulo.

- *Pegada Ecológica*. Disponível em: <http://www.pegadaecologica.org.br/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Neste *site* encontra-se um questionário que permite o cálculo da pegada ecológica individual levando em conta diversos aspectos do dia a dia.

- PEREIRA, L. R.; CARDINAL, M. R. Palmas para sua solução. *In*: QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. O. (org.). *Estudos de caso no ensino de Ciências Naturais*. USP: Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC), 2016. p.101-108. Disponível em:

<https://sites.usp.br/cdcc/wp-content/uploads/sites/512/2019/06/2016-Estudos_de_Caso.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

Esse livro apresenta não apenas diversos estudos de caso que podem ser aplicados no ensino de ciências, mas também fornece técnicas para a aplicação destes de forma eficiente e favorável ao aprendizado.

- PIRES, G. N. Os limites da falseabilidade como critério de demarcação para cientificidade. *Revista Sociais & Humanas*, v. 31, n. 2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/sociaisehumanas/article/view/29444/pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nesse trabalho o autor apresenta ponderações sobre o critério da falseabilidade como exclusivo para a demarcação da Ciência, trazendo vozes à relevante discussão que tem em Karl Popper uma das principais referências.

- PLATAFORMA brasileira de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. *Biodiversidade e serviços ecossistêmicos*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uREl2CzWDPk&feature=youtu.be>. Acesso em: 17 ago. 2020.

O vídeo apresenta inúmeros hábitos do nosso dia a dia que dependem direta ou indiretamente da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.

- PLATAFORMA brasileira de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. *Diagnóstico brasileiro e sumário para tomadores de decisão – biodiversidade e serviços ecossistêmicos*. Disponível em: <https://www.bpbes.net.br/produto/diagnostico-brasileiro/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

O *site* traz informações sobre a biodiversidade, serviços ecossistêmicos e suas relações com o bem-estar humano.

- PONTOCIÊNCIA. *Pilha de Daniell*. (2 min 35 s). 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8Qxu__Pq8Ms>. Acesso em: 10 ago. 2020.

O vídeo explica de maneira didática o funcionamento do dispositivo inventado por John Frederic Daniell em 1836.

- SASSERON, L. H. Ensino por investigação: pressupostos e práticas. *Fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de Ciências: a sala de aula.* Licenciatura em Ciências, USP/Univesp, p. 117–124. 2012. Disponível em: <https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Pressupostos teóricos e metodológicos sobre a abordagem didática Ensino por Investigação.

- SILVA, T. *Podcast*: o que é e como criar um de qualidade em 5 passos. *Resultados Digitais*, 2020. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/blog/como-criar-um-podcast/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Guia para auxiliar o planejamento de *podcast* com dicas para gravar, editar e publicar.

- SOTO, C. 3-D sem óculos. Revista *Isto é*. 2356 ed., jan. 2015. Disponível em: <https://istoe.com.br/401344_3D+SEM+OCULOS/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Apresenta pesquisa sobre tecnologia à base de microespelhos e raio *laser* para permitir a formação de imagens em três dimensões.

- SZEREMETA, A. Metodologia e abordagem de campo: considerações sobre a utilização da etnografia como instrumento de pesquisa a partir da contribuição teórica de Mainardes e Magnani. *Revista do Laboratório de Estudos da Violência e Segurança (LEVS) UNESP/Marília*, n. 19, p. 160-171, 2017. Disponível em: <http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/levs/article/view/7019>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Estudo que apresenta passos metodológicos para a utilização da etnografia como instrumento de pesquisa de campo.

- TERCIC, L.; HAFIZ, M.; SCARTEZINI, T. Lacunas nos dados e falta de testes prejudicam previsões sobre Covid-19. *ComCiência*, Campinas, 2020. Disponível em: <http://www.comciencia.br/lacunas-nos-dados-e-falta-de-testes-prejudicam-previsoes-sobre-covid-19/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Artigo jornalístico que explica as principais técnicas de modelagem matemática para mapear a epidemia de Covid-19.

- TOGINHO FILHO, D. O. *et al*. Oscilador harmônico simples e amortecido. Catálogo de Experimentos do Laboratório Integrado de Física Geral. Departamento de Física. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/renatoikeoka/pages/arquivos/Fisica%20Aplicada%20a%20Engenharia%20II/Oscilador_harmonico.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Roteiro experimental, com descrição das práticas, para abordagem do sistema massa-mola, como oscilador harmônico simples e amortecido.

- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. *Química Nova na Escola,* n. 11, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a08.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2020.

O trabalho apresenta o contexto da invenção da pilha elétrica no final do século 18 por Alessandro Volta, incluindo a sua célebre controvérsia com Luigi Galvani.

- UNIVESP. Tópicos avançados em Biologia – Aula 01 – *Serviços ecossistêmicos e Ecologia da paisagem*. (18 min 34 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JYfQMip2CPk&t=1114s>. Acesso em: 18 ago. 2020.

O vídeo apresenta tópicos relevantes sobre a biodiversidade, focando em alguns aspectos, como recursos ecossistêmicos e ecologia da paisagem.

- VALE, L.; SILVA, V. Rotações por estações: guia completo, por duas professoras. *Sílabe Blog*, mar. 2018. Disponível em: <https://silabe.com.br/blog/rotacao-por-estacoes/#Como_funciona_a_Rotacao_por_Estacoes>. Acesso em: 27 jul. de 2020.

Guia desenvolvido por professoras a respeito de metodologias ativas, ensino híbrido e, especificamente, a metodologia de rotações por estações.

- VASCONCELOS, Y. Imagem tridimensional. *Revista Pesquisa Fapesp*. 172 ed., jun. 2010. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/imagem-tridimensional/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Apresenta tecnologias que proporcionam imagens tridimensionais, incluindo a holografia.

- WENTZEL, M. Como a poluição sonora influencia até na obesidade. *BBC News Brasil*, 4 nov. de 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-46040219>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Neste texto a autora discorre sobre os principais problemas causados pela poluição sonora e como esta afeta a qualidade de vida das pessoas, podendo até provocar a obesidade.

EM ABERTA

UNIDADE 1
Energia e vida

Abertura

Espera-se que os estudantes definam a Biomimética como uma área da Ciência que estuda, a partir da observação, as estruturas, os padrões e as estratégias da natureza que contribuem para a sobrevivência dos sistemas biológicos, mencionando que sua importância está nas inovações tecnológicas, isto é, no desenvolvimento de novas soluções e produtos que resolvam os problemas cotidianos de forma funcional, criativa e sustentável.

Tema 1. Espera-se que os estudantes relatem se avaliam ou não o consumo de cada equipamento e indiquem que a grandeza física a ser observada nesses aparelhos é a potência. Os eletrodomésticos de maior potência consomem mais energia elétrica. Alguns estudantes podem destacar que atualmente existe o Selo Procel de Economia de Energia, que informa quais eletrodomésticos são mais eficientes e consomem menos energia.

Tema 2. Espera-se que os estudantes mencionem que a manutenção da temperatura corpórea, entre outras funções fisiológicas, ocorre constantemente a partir da energia obtida dos alimentos. Sem uma fonte de energia, o organismo tenderia ao equilíbrio térmico, e, nessa condição, não seria possível realizar nenhuma das funções vitais.

Tema 3. Espera-se que os estudantes mencionem que as organelas presentes nas células vegetais relacionadas ao metabolismo energético das plantas são as mitocôndrias e os cloroplastos, sendo essa última a organela envolvida no processo de fotossíntese. Eles devem explicar que os cloroplastos têm clorofila, pigmento verde, que é fotorreceptor na fotossíntese, responsável por converter energia luminosa em energia química.

Tema 4. Espera-se que os estudantes mencionem situações como ligar ou desligar a televisão com o controle remoto, que emite radiação infravermelha por meio de um LED, realizar um exame de imagem usando raios X, receber e efetuar ligações por meio do telefone celular, esquentar uma refeição no micro-ondas e ouvir músicas no rádio.

Tema 5. Espera-se que os estudantes expliquem que, ao deixar a polpa da fruta exposta, o gás oxigênio presente no ar reage com substâncias presentes na fruta, causando o seu escurecimento, o que pode ser considerado uma evidência de transformação química. A vitamina C age como um antioxidante, ou seja, ela reage preferencialmente com O_2, minimizando o escurecimento das frutas.

Tema 6. Espera-se que os estudantes expliquem que as plantas e outros organismos fotossintetizantes utilizam a energia luminosa para a obtenção de glicose. Traçando um paralelo com a respiração, espera-se que eles mencionem que, na fotossíntese, o dióxido de carbono e a água se transformam em glicose e oxigênio; já na respiração, a glicose e o oxigênio se convertem em gás carbônico e água.

Tema 1

1. O trabalho da força é positivo quando a força aplicada está no mesmo sentido do deslocamento e é negativo quando a força aplicada está no sentido oposto ao deslocamento.

2. A partir da definição de trabalho, temos:
$\mathcal{T}_F = F \cdot d \cdot \cos\theta \Rightarrow 2.500 = 100 \cdot d \cdot \cos 0°$
$\therefore d = 25\ \text{m}$

3. Como o bloco sobe verticalmente com velocidade constante, o trabalho realizado pelo garoto é igual ao módulo do trabalho da força peso; portanto:
$\mathcal{T}_F = |\mathcal{T}_P| \Rightarrow \mathcal{T}_F = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \mathcal{T}_F = 1 \cdot 10 \cdot 1$
$\therefore \mathcal{T}_F = 10\ \text{J}$

4. A altura da rampa é dada por:
$\text{sen}\ 30° = \frac{h}{10} \Rightarrow 0{,}5 = \frac{h}{10} \therefore h = 5\ \text{m}$
Assim, considerando o movimento descendente do objeto, o trabalho da força peso será:
$\mathcal{T}_P = P \cdot h \Rightarrow \mathcal{T}_P = 160 \cdot 5 \therefore \mathcal{T}_P = 800\ \text{J}$

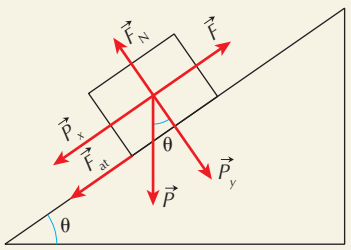
5. A partir da definição de trabalho, temos:
$\mathcal{T}_F = F \cdot d \cdot \cos\theta \Rightarrow \mathcal{T}_F = 100 \cdot 15 \cdot \cos\theta$
Logo, o trabalho terá o maior valor quando $\cos\theta = 1$, isto é, $\theta = 0°$.

6. Alternativa **e**. Quando a mola no interior do carrinho é comprimida, ela armazena energia potencial elástica e, ao ser solta, essa energia se transforma em energia cinética, fazendo o carrinho entrar em movimento.
Esse processo de conversão de energia ocorre também na atiradeira ou estilingue. Nela um objeto é posicionado em um suporte preso a um elástico e puxado para trás; com isso, o elástico armazena energia potencial elástica. Ao ser solto, a energia se transforma em energia cinética e o objeto entra em movimento.

7. Partindo do princípio fundamental da dinâmica, temos:
$F_R = m \cdot a \Rightarrow 6 = 3a \therefore a = 2\ \text{m s}^{-2}$
Assim, a partir da função horária da velocidade, obtemos a velocidade do bloco após 2 s:
$v = v_0 + at \Rightarrow v = 0 + 2 \cdot 2 \therefore v = 4\ \text{m s}^{-1}$
Portanto, com base na definição de energia cinética, temos:
$E_c = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{3 \cdot 4^2}{2} \therefore E_c = 24\ \text{J}$

8. Considerando o sistema como conservativo, temos, pelo princípio de conservação da energia mecânica:
$E_{mec(A)} = E_{mec(B)} \Rightarrow E_{potg(A)} = E_{potg(B)} + E_{c(B)} \Rightarrow$
$\Rightarrow \cancel{m} \cdot g \cdot h_A = \cancel{m} \cdot g \cdot h_B + \frac{\cancel{m} \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow$
$\Rightarrow \frac{v_B^2}{2} = g \cdot (h_A - h_B) \Rightarrow \frac{v_B^2}{2} = 10 \cdot (850 - 750)$
$\therefore v_B \simeq 44{,}7\ \text{m s}^{-1}$

9. Do enunciado, temos o diagrama de forças a seguir:



ERICSON GUILHERME LUCIANO

EDITORIA

Como o objeto sobe o plano com velocidade constante, a força exercida pelo motor é dada por:

$F_{motor} = P \cdot \text{sen}\ \theta + F_{at} = P \cdot \text{sen}\ \theta + \mu \cdot F_N =$

$= P \cdot \text{sen}\ \theta + \mu \cdot P \cdot \cos\ \theta$

Então, com base na definição de potência, temos:

$P_{motor} = F_{motor} \cdot v \Rightarrow P_{motor} = (m \cdot g \cdot \text{sen}\ \theta + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\ \theta) \cdot v \Rightarrow$

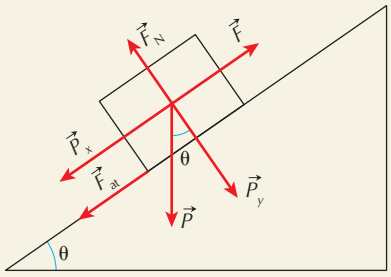
$\Rightarrow P_{motor} = (2.000 \cdot 10 \cdot \text{sen}\ 30° + 0{,}4 \cdot 2.000 \cdot 10 \cdot \cos\ 30°) \cdot 2 \therefore P_{motor} \simeq 33.856\ \text{W}$

10. O trabalho da força de atrito é igual à variação da energia mecânica; portanto:

$\mathcal{C}_{F_{at}} = \Delta E_{mec} \Rightarrow \mathcal{C}_{F_{at}} = \frac{mv^2}{2} - mgh \Rightarrow \mathcal{C}_{F_{at}} = \frac{10 \cdot 8^2}{2} - 10 \cdot 10 \cdot 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{C}_{F_{at}} = 320 - 1.000 \therefore \mathcal{C}_{F_{at}} = -680\ \text{J}$

11. Alternativa **a**. Do enunciado, temos o diagrama de forças a seguir:



Como o objeto sobe o plano com velocidade constante, a força exercida pelo motor é dada por:

$F_{motor} = P \cdot \text{sen}\ \theta + F_{at} = P \cdot \text{sen}\ \theta + \mu \cdot F_N = P \cdot \text{sen}\ \theta + \mu \cdot P \cdot \cos\ \theta$

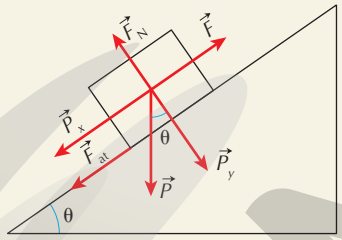
Além disso, da figura, obtemos: $\text{sen}\ \theta = \frac{3}{5}$ e $\cos\ \theta = \frac{4}{5}$

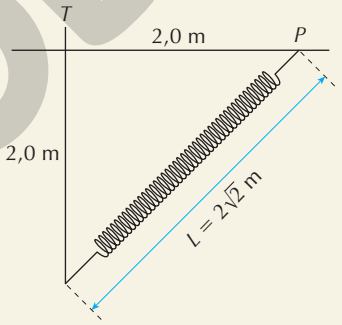
Então, da definição de potência, temos:

$P_{motor} = F_{motor} \cdot v \Rightarrow P_{motor} = (m \cdot g \cdot \text{sen}\ \theta + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\ \theta) \cdot v \Rightarrow$

$\Rightarrow P_{motor} = \left(1.500 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} + 0{,}5 \cdot 1.500 \cdot 10 \cdot \frac{4}{5}\right) \cdot 2 \therefore P_{motor} = 30.000\ \text{W} = 30\ \text{kW}$

12. Alternativa **c**. Da figura a seguir, podemos obter a deformação inicial x_p da mola.





Assim: $x_P = L - L_0 = (2\sqrt{2} - 1)\ \text{m}$

A partir da conservação da energia mecânica entre as posições P e T, encontramos:

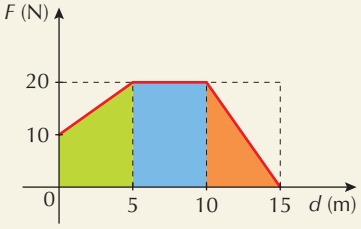
$E_{mec(P)} = E_{mec(T)} \Rightarrow E_{potelást(P)} = E_{potelást(T)} + E_{c(T)} \Rightarrow \frac{k \cdot x_P^2}{2} = \frac{k \cdot x_T^2}{2} + \frac{m \cdot v_T^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{10 \cdot (2\sqrt{2} - 1)^2}{2} = \frac{10 \cdot 1^2}{2} + \frac{1 \cdot v_T^2}{2} \therefore v_T = \sqrt{23{,}4}\ \text{m s}^{-1}$

13. O trabalho realizado pela força F é numericamente igual à área abaixo da curva do gráfico; portanto:

$\mathcal{C}_F \overset{N}{=} \text{Área} \Rightarrow \mathcal{C}_F = \frac{(10 + 20) \cdot 5}{2} + 5 \cdot 20 + \frac{5 \cdot 20}{2}$

$\therefore \mathcal{C}_F = 225\ \text{J}$



MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

14. a) O trabalho é realizado pelo peso do pilão e é dado por:

$\mathcal{C}_{pilão} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \mathcal{C}_{pilão} = 5{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}60 \therefore \mathcal{C}_{pilão} = 30\ J$

b) Cada vez que o monjolo cai, o trabalho realizado é:

$\mathcal{C}_{monjolo} = M \cdot g \cdot H \Rightarrow \mathcal{C}_{monjolo} = 30 \cdot 10 \cdot 2 \therefore \mathcal{C}_{monjolo} = 600\ J$

As potências do pilão e do monjolo são:

$P_{pilão} = \frac{\mathcal{C}_{pilão}}{\Delta t} = \frac{30}{2} \therefore P_{pilão} = 15\ W$

$P_{monjolo} = \frac{\mathcal{C}_{monjolo}}{\Delta t} = \frac{600}{4} \therefore P_{monjolo} = 150\ W$

Portanto, o número necessário de pessoas (n) para realizar o mesmo trabalho do monjolo deveria ser: $n = \frac{150}{15} \therefore n = 10$ pessoas

Tema 2

1. a) Processo endotérmico, pois há transferência de calor da combustão no fogão (vizinhança) para os alimentos (sistema).

b) Processo endotérmico, pois o álcool etílico absorve calor da vizinhança para evaporar.

c) Processo exotérmico, pois há liberação de calor da combustão da gasolina para a vizinhança.

d) Processo exotérmico, pois há transferência de calor do sistema reacional para a vizinhança.

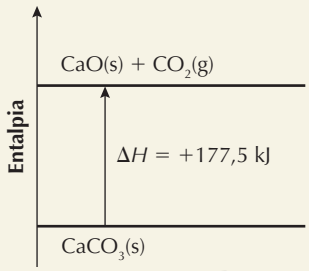
2. Alternativas **a** e **c**.

A alternativa **b** está incorreta, pois os processos endotérmicos se caracterizam por absorver energia da vizinhança para o sistema na forma de calor.

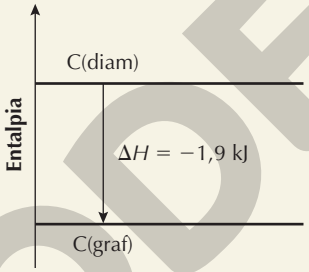
3. O processo é endotérmico, porque há transferência de energia na forma de calor do corpo para o suor.

4. Alternativa **b**. Nesse procedimento, há liberação de energia na forma de calor; por isso, no início do processo, a entalpia era maior que no final do processo.

5. a)



b)



6. Como a combustão é uma reação exotérmica, a equação termoquímica de combustão de 1 mol de glicose é dada por:

$C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \longrightarrow 6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \quad \Delta H = -2{,}8 \cdot 10^6\ J$

A equação termoquímica da reação inversa, ou seja, de síntese de 1 mol de glicose, é dada por:

$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \quad \Delta H = +2{,}8 \cdot 10^6\ J$

Como a variação de entalpia para a síntese de 1 mol de glicose é positiva, a reação é endotérmica, ou seja, a planta absorve $2{,}8 \cdot 10^6$ J de energia. Logo, para a síntese de 0,5 mol, temos:

Quantidade de matéria de $C_6H_{12}O_6$	Quantidade de energia
1 mol	$2{,}8 \cdot 10^6$ J
0,5 mol	x

$x = +1{,}4 \cdot 10^6\ J$

7. Alternativa **a**.

$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2\ H_2O(v)$

Essa reação libera 840 kJ e 1 mol de CO_2; logo, são liberados 840 kJ mol^{-1} de CO_2.

$C_2H_2(g) + \frac{5}{2}\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) + H_2O(v)$

Essa reação libera 1.300 kJ e 2 mol de CO_2; logo, são liberados 650 kJ mol^{-1} de CO_2.

$C_3H_8(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 3\ CO_2(g) + 4\ H_2O(v)$

Essa reação libera 2.220 kJ e 3 mol de CO_2; logo, são liberados 740 kJ mol^{-1} de CO_2.

$C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}\ O_2(g) \longrightarrow 4\ CO_2(g) + 5\ H_2O(v)$

Essa reação libera 2.880 kJ e 4 mol de CO_2; logo, são liberados 720 kJ mol^{-1} de CO_2.

Portanto, o hidrocarboneto que libera a maior quantidade de energia em sua combustão, por mol de CO_2 produzido, é o metano (CH_4).

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

8. **a)** Utilizando a lei de Hess, é possível calcular a variação de entalpia da reação, mesmo sem conhecer a identidade dos produtos e dos reagentes. A lei de Hess estabelece que, se uma reação for executada em uma série de etapas, o valor de ΔH da reação será igual à soma das variações de entalpia das etapas individuais.

Para obtermos a equação termoquímica requisitada, é necessário inverter a primeira equação fornecida e somá-la à segunda:

$$Y(g) \longrightarrow \cancel{X(g)} \quad \Delta_1 H = +70 \text{ kJ mol}^{-1}$$
$$\cancel{X(g)} \longrightarrow Z(g) \quad \Delta_2 H = +90 \text{ kJ mol}^{-1}$$
$$Y(g) \longrightarrow Z(g) \quad \Delta_r H = +160 \text{ kJ mol}^{-1}$$

b)

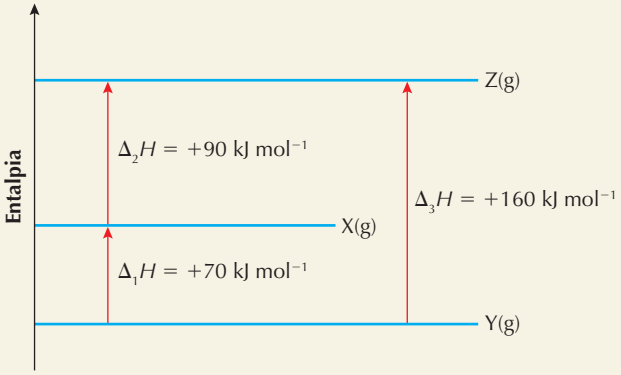


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

9. Equação química da reação de combustão de 2 mol de metanol:

$2\ CH_4O(l) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) + 4\ H_2O(l)$

Sendo conhecidos os seguintes valores de $\Delta_f H°$:

$C(graf) + 2\ H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \longrightarrow CH_4O(l) \qquad \Delta_f H° = -238{,}6 \text{ kJ mol}^{-1}$

$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta_f H° = -393{,}5 \text{ kJ mol}^{-1}$

$H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta_f H° = -285{,}8 \text{ kJ mol}^{-1}$

Invertendo a primeira equação e multiplicando-a por 2, e multiplicando a segunda por 2 e a terceira por 4, obtemos, pela soma das equações parciais, a equação global que representa a combustão de 2 mol de metanol:

$$2\ CH_4O(l) \longrightarrow \cancel{2\ C(graf)} + \cancel{4\ H_2(g)} + \cancel{O_2(g)} \qquad \Delta_r H = +477{,}2 \text{ kJ}$$
$$\cancel{2\ C(graf)} + \cancel{2}\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) \qquad \Delta_r H = -787 \text{ kJ} \quad +$$
$$\cancel{4\ H_2(g)} + 2\ O_2(g) \longrightarrow 4\ H_2O(l) \qquad \Delta_r H = -1.143{,}2 \text{ kJ}$$
$$2\ CH_4O(l) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ CO_2(g) + 4\ H_2O(l) \qquad \Delta_c H = -1.453 \text{ kJ}$$

10. **a)** Ligações rompidas:

$\Delta H(C_2H_6) = 6 \text{ mol} \cdot \Delta_{lig}H(C — H) + 1 \text{ mol} \cdot \Delta_{lig}H(C — C) = (6 \text{ mol} \cdot 413 \text{ kJ mol}^{-1}) + (1 \text{ mol} \cdot 348 \text{ kJ mol}^{-1}) = 2.826 \text{ kJ}$

$\Delta H(O_2) = \frac{7}{2} \text{ mol} \cdot \Delta_{lig}H\ (O = O) = \frac{7}{2} \text{ mol} \cdot 495 \text{ kJ mol}^{-1} = 1.732{,}5 \text{ kJ}$

Ligações formadas:

No caso do CO_2, a reação produz 2 mol de moléculas de CO_2, cada uma com 2 mol de ligações C = O. Com esses dados, calcula-se a quantidade total de ligações C = O formadas:

$\Delta H(CO_2) = 4 \text{ mol} \cdot \Delta_{lig}H(C = O) = 4 \text{ mol} \cdot -799 \text{ kJ mol}^{-1} = -3.196 \text{ kJ}$

No caso do H_2O, a reação produz 3 mol de moléculas de H_2O, cada uma com 2 mol de ligações H — O. Com esses dados, calcula-se a quantidade total de ligações H — O formadas:

H_2O = 6 mol de ligações H — O

$\Delta H(H_2O) = 6 \text{ mol} \cdot \Delta_{lig}H(H — O) = 6 \text{ mol} \cdot -463 \text{ kJ mol}^{-1} = -2.778 \text{ kJ}$

$\Delta_r H = \Delta_{lig}H_{(rompidas)} + \Delta_{lig}H_{(formadas)}$

$\Delta_r H = 2.826 \text{ kJ} + 1.732{,}5 \text{ kJ} + (-3.196 \text{ kJ}) + (-2.778 \text{ kJ}) = -1.415{,}5 \text{ kJ mol}^{-1}$

MODERNA

b) Ligações rompidas:
$\Delta H(N_2H_4) =$
$= 1\ mol \cdot \Delta_{lig}H(N — N) + 4\ mol \cdot \Delta_{lig}H(N — H) =$
$= (1\ mol \cdot 163\ kJ\ mol^{-1}) + (4\ mol \cdot 391\ kJ\ mol^{-1}) =$
$= 1.727\ kJ$
Ligações formadas:
$\Delta H(N_2) = 1\ mol \cdot \Delta_{lig}H(N \equiv N) =$
$= 1\ mol \cdot (-941\ kJ\ mol^{-1}) = -941\ kJ$
$\Delta H(H_2) = 2\ mol \cdot \Delta_{lig}H(H — H) =$
$= 2\ mol \cdot (-436\ kJ\ mol^{-1}) = -872\ kJ$
$\Delta_r H = \Delta_{lig}H_{(rompidas)} + \Delta_{lig}H_{(formadas)}$
$\Delta_r H = 1.727\ kJ + (-872\ kJ) + (-941\ kJ) = -86\ kJ\ mol^{-1}$

11. **I)** Incorreta. Se o objeto de zinco tivesse cedido calor ao objeto de ferro, a temperatura do objeto de zinco teria diminuído, o que não foi observado.
II) Incorreta. Apesar de termicamente isolado, o sistema era constituído pelos três objetos de metal em contato uns com os outros. O aumento da temperatura de dois dos objetos indica que houve a transferência de energia em forma de calor entre eles.
III) Correta. A energia em forma de calor foi transferida entre os corpos até o equilíbrio térmico.
IV) Incorreta. Como o sistema estava termicamente isolado e as temperaturas dos objetos de latão e de zinco aumentaram, o único objeto que poderia ter cedido calor seria o de ferro. Dessa forma, a temperatura desse objeto diminuiu.
V) Correta, como foi explicado no item IV.

12. Segundo o texto, no caso de contusões, são indicadas compressas que resfriem o local. Assim, a dissolução do sal deve ser um processo endotérmico, para que o calor seja absorvido do meio, gerando uma compressa térmica fria. Isso é possível ao se dissolver nitrato de amônio em meio aquoso, uma vez que sua entalpia de solução é positiva ($+6{,}6\ kJ\ mol^{-1}$), o que indica uma reação endotérmica, com a seguinte equação termoquímica:
$NH_4NO_3(s) \xrightarrow{H_2O} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$
$\Delta H = +6{,}6\ kJ\ mol^{-1}$
Já para o caso de estiramentos, são indicadas compressas que aqueçam o local. Assim, a dissolução do sal deve ser um processo exotérmico, para que o calor seja liberado para o meio, gerando uma compressa térmica quente. Isso é possível ao se dissolver cloreto de cálcio em meio aquoso, uma vez que sua entalpia de solução é negativa ($-81{,}3\ kJ\ mol^{-1}$), o que indica uma reação exotérmica, com a seguinte equação termoquímica:
$CaCl_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)$
$\Delta H = -81{,}3\ kJ\ mol^{-1}$
Estimule os estudantes a realizar as discussões em grupo.

13. **a)** Falsa. A transformação dos reagentes em produtos no diagrama é um processo exotérmico, uma vez que a entalpia inicial é maior que a final.
b) Falsa. O diagrama representa um processo exotérmico. Nesse caso, seria observado o aumento da temperatura da solução.
c) Verdadeira. O aumento da temperatura no preparo da solução de NaOH evidencia uma reação exotérmica, na qual há liberação de calor, podendo, portanto, ser representada pelo diagrama, uma vez que, em reações com essas características, a entalpia inicial é maior que a final.
d) Falsa. A vaporização da água líquida é uma transformação física e um processo endotérmico, não podendo, portanto, ser representada pelo diagrama.
e) Falsa. A fusão da água é uma transformação física e um processo endotérmico, não podendo, portanto, ser representada pelo diagrama. Além disso, a substância que se funde é a água sólida (gelo), não a líquida.

Tema 3

1. Alternativa **e**.
a) Correta, pois a membrana permite a troca de materiais e a interação entre as células.
b) Correta, pois proteínas presentes na membrana celular permitem o reconhecimento entre as células.
c) Correta, pois a membrana plasmática apresenta permeabilidade seletiva.
d) Correta, pois a membrana plasmática recebe estímulos do meio e pode permitir a alteração do interior da célula devido a esses estímulos, como no caso da alteração da concentração de cargas positivas e negativas.
e) Incorreta, pois a estrutura e a composição da membrana plasmática conferem a ela permeabilidade seletiva, o que possibilita que o meio intracelular tenha composição diferente do meio extracelular.

2. Alternativa **c**.
a) Incorreta, pois o peroxissomo faz a oxidação de aminoácidos e ácidos graxos por diversas enzimas; o processo gera água oxigenada, que é degradada pelas enzimas dessa organela.
b) Incorreta, pois o complexo golgiense faz a modificação, o acúmulo e a liberação de secreções proteicas. Também produz alguns tipos de polissacarídeos.
c) Correta, pois os lisossomos contêm enzimas digestivas e, quando são rompidos pela sílica, liberam as enzimas no citoplasma celular, provocando a destruição da célula.
d) Incorreta, pois a mitocôndria participa da respiração celular.
e) Incorreta, pois o retículo endoplasmático liso transporta substâncias dentro da célula e sintetiza glicídios, lipídios e esteroides.

3. Alternativas corretas: **b**, **c**, **d**.
a) Incorreta, pois os lisossomos são responsáveis pela digestão intracelular.
b) Correta, pois uma das funções do complexo golgiense é armazenar proteínas que serão liberadas no meio pela célula.
c) Correta, pois o retículo endoplasmático liso é um sistema de tubos que transporta substâncias dentro da célula.
d) Correta, pois os ribossomos estão relacionados com a produção de proteínas.
e) Incorreta, pois a mitocôndria participa do processo de respiração celular.
f) Incorreta, pois os ribossomos fazem a síntese de proteínas.

MODERNA

4. Espera-se que os estudantes associem o resultado com a osmose de células colocadas em solução hipertônica, que corresponde ao tempero com sal. Eles devem ilustrar a explicação mostrando uma célula perdendo água para o meio hipertônico e ficando murcha e, até mesmo, plasmolisada.

5. Alternativa **e**.

a) Incorreta, pois o transporte ativo movimenta os solutos contra o gradiente de concentração para manter a diferença de concentração entre os meios.

b) Incorreta, pois o transporte ativo não iguala a concentração dos solutos entre as faces da membrana.

c) Incorreta, pois o transporte ativo transporta o soluto contra seu gradiente de concentração, gastando energia para isso.

d) Incorreta, pois o transporte ativo não iguala a concentração de soluto dentro e fora da célula.

e) Correta, pois o transporte ativo transporta o soluto do meio menos concentrado para o mais concentrado, mantendo a diferença de concentração nos meios intra e extracelular.

6. Alternativa **b**.

a) Incorreta, pois, de acordo com o gráfico, o volume do glóbulo vermelho diminuiu com o tempo, indicando a saída de água, o que mostra que a solução Z tinha concentração de sal maior que 0,9%.

b) Correta, pois, segundo o gráfico, o glóbulo vermelho colocado na solução Y manteve o volume ao longo do tempo, o que indica que a solução Y tem concentração de sal igual à da célula (0,9%). Já a célula colocada na solução X teve aumento do volume ao longo do tempo, ou seja, houve entrada da água da solução na célula, indicando que a solução tinha concentração de sal menor que 0,9%.

c) Incorreta, pois a solução Y é isotônica em relação à célula, ou seja, tem concentração de sais próxima a 0,9%, enquanto a água destilada não tem nenhum sal.

d) Incorreta, pois, quando colocada na solução X, a célula ganhou água, indicando que a solução é hipotônica em relação ao sangue.

e) Incorreta, pois a solução Z é hipertônica em relação à solução X; com a adição de mais sal, a diferença de concentração entre elas vai se acentuar.

7. **a)** Espera-se que os estudantes tenham compreendido que se trata de transporte passivo por difusão facilitada e que alterações na função, menor número ou ausência das proteínas que formam o canal iônico, devido à doença, fazem com que esse mecanismo seja comprometido, mantendo íons cloro dentro do citoplasma.

b) Espera-se que os estudantes expliquem que a entrada de água na célula ocorre por meio da osmose, processo sem gasto de energia, em função do aumento da concentração de íons cloro no meio intracelular, que fica, assim, hipertônico em relação ao meio externo.

8. Alternativa **a**.

a) Correta, pois, segundo o gráfico, a velocidade de entrada da substância A aumenta com o crescimento da concentração no meio extracelular, enquanto a velocidade de entrada da substância B é limitada pela saturação da proteína transportadora.

b) Incorreta, pois a substância B passa a entrar na célula com uma velocidade constante após a concentração de 2 mg ml^{-1}.

c) Incorreta, pois o gráfico mostra a velocidade com que as substâncias entram na célula, e não a sua quantidade. Além disso, a curva de B não indica uma relação inversamente proporcional.

d) Incorreta, pois a difusão facilitada é um tipo de transporte passivo.

9. No recipiente em que há somente água, as fatias ficarão bem firmes, pois suas células, que possuem concentração de sal maior que o meio externo, se tornarão túrgidas devido à entrada da água por osmose. Já na vasilha com água e sal, a situação será inversa: as células da batata perderão água para a solução externa mais concentrada. Com isso, as fatias de batata ficarão mais moles.

10. **a)** "Atraída por regiões onde a concentração de sais e outras substâncias dissolvidas é mais alta, a água em excesso deixa o sangue e entra imediatamente nas células, que incham como balões para conseguirem acomodá-la".

b) Espera-se que os estudantes representem uma hemácia em meio hipotônico tornando-se inchada com a entrada de água e até mesmo estourando.

Tema 4

1. Alternativa **c**. As lacunas são corretamente preenchidas pela sequência de palavras quântica, partículas, ondulatório e partículas.

2. Pela equação de Planck, a energia de um fóton na frequência de 103,7 MHz, ou seja, de $103{,}7 \cdot 10^6$ Hz, é de:

$E_{fóton} = h \cdot f \Rightarrow E_{fóton} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 103{,}7 \cdot 10^6$

$\therefore E_{fóton} \simeq 6{,}9 \cdot 10^{-26}$ J

Como a potência é de 200.000 W = 200.000 J s^{-1}, sabemos que são fornecidos 200.000 joules por segundo. Considerando o valor da energia de 1 fóton emitido, o número de fótons emitidos a cada segundo é:

1 fóton ——— $6{,}9 \cdot 10^{-26}$ J

n fótons ——— $200 \cdot 10^3$ J

$n = \dfrac{200 \cdot 10^3}{6{,}9 \cdot 10^{-26}} \therefore n \simeq 2{,}9 \cdot 10^{30}$ fótons s^{-1}

3. De acordo com a equação do efeito fotoelétrico de Einstein, quando temos a frequência de corte, a energia cinética máxima é igual a zero, ou seja:

$E_{c_{máx}} = h \cdot f - \Phi = 0 \Rightarrow f_{mín} = \dfrac{\Phi}{h}$

Substituindo os valores da função trabalho (Φ) e da constante de Planck (h) em elétron-Volts, temos:

$f_{mín} = \dfrac{2{,}3}{4{,}14 \cdot 10^{-15}} \therefore f_{mín} \simeq 5{,}6 \cdot 10^{14}$ Hz

Como a velocidade de propagação corresponde à velocidade da luz, temos, a partir da equação da ondulatória:

$v = \lambda_{máx} \cdot f_{mín} \Rightarrow 3{,}0 \cdot 10^8 = \lambda_{máx} \cdot 5{,}6 \cdot 10^{14}$

$\therefore \lambda_{máx} \simeq 5{,}4 \cdot 10^{-7}$m = 5.400 Å

MODERNA

Portanto, para o sódio apresentar efeito fotoelétrico, o comprimento de onda deve ser menor que 5.400 Å. Logo, o efeito fotoelétrico não ocorre com a luz amarela ($\lambda = 5.890$ Å).

4. Dada a temperatura de $T = 37 + 273 = 310$ K, a partir da lei de Wien, temos:

$$\lambda_{máx} = \frac{2{,}89 \cdot 10^{-3}}{T} \Rightarrow \lambda_{máx} = \frac{2{,}89 \cdot 10^{-3}}{310}$$

$$\therefore \lambda_{máx} \simeq 9{,}3 \cdot 10^{-6}\ \text{m} = 9.300\ \text{nm}$$

Essa radiação não está na faixa do visível, mas na faixa do infravermelho.

5. **a)** Calculando o comprimento de onda de De Broglie, temos:

$$\lambda_{elétron} = \frac{h}{m \cdot v} \Rightarrow \lambda_{elétron} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 30 \cdot 10^{5}}$$

$$\therefore \lambda_{elétron} \simeq 2{,}4 \cdot 10^{-8}\ \text{m}$$

Como o comprimento de onda associado ao elétron é próximo da escala atômica, podemos observar os efeitos ondulatórios.

b) Calculando o comprimento de onda de De Broglie, temos:

$$\lambda_{bolinha} = \frac{h}{m \cdot v} \Rightarrow \lambda_{bolinha} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{25 \cdot 10^{-3} \cdot 10}$$

$$\therefore \lambda_{bolinha} \simeq 2{,}7 \cdot 10^{-33}\ \text{m}$$

Como o comprimento de onda associado à bolinha de gude é muito menor que qualquer abertura pela qual ela pudesse passar, não podemos observar efeitos ondulatórios.

6. Para o átomo de hidrogênio, temos:

$r_n = n^2 \cdot r_B$

Portanto, no nível fundamental, obtemos:

$r_1 = 1^2 \cdot 0{,}53 \therefore r_1 = 0{,}53$ Å

Já no nível excitado $n = 2$, temos:

$r_2 = 2^2 \cdot 0{,}53 \therefore r_2 = 2{,}12$ Å

7. Alternativa **d**.

I. Incorreta. Pelo gráfico, para qualquer valor de f após f_{II}, a energia cinética é maior que em f_I.

II. Correta. Pois f_{II} é maior do que f_I, o que exige fótons de maior energia para liberar elétrons da placa II em comparação à placa I.

III. Correta. Uma vez que o gráfico da reta tem como coeficiente angular a constante de Planck.

8. **a)** Observe que, na transição $n = 1$ para $n = 4$, temos:

$$\Delta E = E_4 - E_1 \Rightarrow \Delta E = -0{,}85 - (-13{,}6)$$

$$\therefore \Delta E = 12{,}75\ \text{eV}$$

Portanto, somente o fóton dessa energia poderá ser absorvido.

b) Considerando a absorção desse fóton, o estado final do átomo será o excitado, no qual o elétron estará no nível $n = 3$.

c) Após essa absorção (item a), podemos ter a transição $n = 4$ para $n = 1$; nesse caso, temos:

$$\Delta E = E_4 - E_1 \Rightarrow \Delta E = -0{,}85 - (-13{,}6)$$

$$\therefore \Delta E = 12{,}75\ \text{eV}$$

$$\Delta E = 12{,}75\ \text{eV} \Rightarrow 4{,}14 \cdot 10^{-15} \cdot f = 12{,}75$$

$$\therefore f \simeq 3{,}1 \cdot 10^{15}\ \text{Hz}$$

Também pode ocorrer a transição $n = 4$ para $n = 2$; assim:

$$\Delta E = E_4 - E_2 \Rightarrow \Delta E = -0{,}85 - (-3{,}4)$$

$$\therefore \Delta E = 2{,}55\ \text{eV}$$

$$\Delta E = 2{,}55\ \text{eV} \Rightarrow 4{,}14 \cdot 10^{-15} \cdot f = 2{,}55$$

$$\therefore f \simeq 6{,}2 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

E ocorrer a transição $n = 4$ para $n = 3$; assim:

$$\Delta E = E_4 - E_3 \Rightarrow \Delta E = -0{,}85 - (-1{,}51)$$

$$\therefore \Delta E = 0{,}66\ \text{eV}$$

$$\Delta E = 0{,}66\ \text{eV} \Rightarrow 4{,}14 \cdot 10^{-15} \cdot f = 0{,}66$$

$$\therefore f \simeq 1{,}6 \cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

9. Alternativa **b**.

I. Correta. De acordo com De Broglie, o comprimento de onda da partícula é calculado por $\lambda_B = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{Q}$, em que h é a constante de Planck igual a $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s e Q é o momento linear da partícula.

II. Incorreta. A difração ocorre quando as dimensões do comprimento de onda são da ordem das dimensões dos obstáculos. Como o raio do átomo de hidrogênio é da ordem de 10^{-10} m e o comprimento de onda da bola de beisebol é da ordem de 10^{-34} m, não há difração.

III. Correta. O comprimento de onda do elétron é da ordem de 10^{-6} m, que é da ordem do espaçamento da rede cristalina do ouro, que é de 10^{-5} a 10^{-7} m.

10. Alternativa **a**. Pelo enunciado, sabemos que o segundo estado excitado corresponde ao nível de energia −1,50 eV. Para decair para o estado fundamental de energia, −13,60 eV, as transições do elétron podem ser:

De $n = 2$ diretamente para $n = 0$, a energia emitida será igual a:

$\Delta E = -1{,}50 - (-13{,}60) \therefore \Delta E = 12{,}10$ eV

De $n = 2$ para $n = 1$ e, depois, de $n = 1$ para $n = 0$:

$\Delta E = -1{,}50 - (-3{,}40) \therefore \Delta E = 1{,}90$ eV

$\Delta E = -3{,}40 - (-13{,}60) \therefore \Delta E = 10{,}20$ eV

As três linhas correspondentes às variações de energia obtidas acima vão aparecer no espectro de emissão do átomo de hidrogênio, ou seja, 12,10 eV, 1,90 eV e 10,20 eV.

Tema 5

Prática investigativa

Prepare-se!

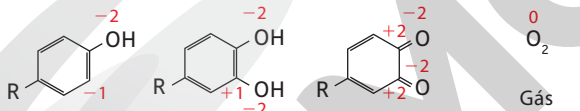
1. Na etapa I, espera-se observar mudança de coloração. É possível que os estudantes cheguem a essa conclusão ao se lembrarem do escurecimento que acontece em frutas como a maçã ao serem expostas ao ar. Na etapa II, as evidências esperadas são as medidas da voltagem e da corrente elétrica. Se os estudantes apresentarem dificuldades para entender o multímetro como um sensor, use exemplos próximos do cotidiano, como a utilização de termômetro para verificar o aumento da temperatura corporal.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

2. Maçã/ar: é possível que os estudantes levantem a hipótese de que o ar oxida a maçã se já tiverem estudado a ação da enzima polifenoloxidase ou se tomarem por base a presença de gás oxigênio no ar atmosférico. Ferro/ar: é possível que os estudantes respondam que o ferro será oxidado ao se lembrarem da formação da ferrugem. Se esse for o caso, ressalte na discussão as condições necessárias para que esse fenômeno ocorra: gás oxigênio e ambiente úmido. Alguns estudantes podem dizer que não será observada transformação química, pois a rapidez da reação é pequena comparada ao tempo de execução da atividade prática. Nesse caso, você pode discutir as influências dos aspectos termodinâmicos e cinéticos nas reações químicas. Ferro/maçã: é possível que os estudantes apresentem como hipótese a oxidação da maçã pelo ferro, já que no sistema maçã/ar ela é oxidada. Se esse for o caso, reforce na discussão que a classificação como agente redutor ou oxidante não é fixa. Zinco/maçã (ou limão)/cobre: é possível que os estudantes apresentem como hipótese a oxidação da maçã pelos dois metais ou apenas pelo zinco, já que, no sistema maçã/ar, ela é oxidada e o cobre é considerado um metal nobre, pouco reativo. Alguns podem julgar que a reação ocorre entre o zinco e o cobre, com base no exemplo apresentado no texto, ignorando a informação da presença de ácido e ausência de íons Cu^{2+} no sistema. Nesse caso, ressalte a importância de considerar cuidadosamente as espécies presentes e ausentes no sistema. Se os estudantes já tiverem sido apresentados à série de reatividade dos metais, eles podem utilizá-la para construir suas hipóteses chegando à ideia de que os íons H^+ participam da reação e são reduzidos.

Discuta com seus colegas

1.



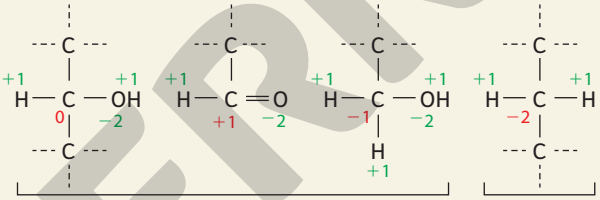
Composto fenólico — Catecol — 1,2-benzoquinona — Gás oxigênio

2. Quando os dois eletrodos são o cobre, não há diferença de potencial (ddp); quando os eletrodos são o fio de cobre e o prego galvanizado, a voltagem é de cerca de 1 V, independentemente da fruta.

3. Se forem testados outros eletrodos ativos, o valor da ddp deve variar. Por exemplo, em relação ao par cobre/alumínio, espera-se observar algo em torno de 2,0 V.

4. Espera-se que os estudantes cheguem às conclusões descritas a seguir. Maçã/ar: o ar oxida a maçã, logo a maçã atua como agente redutor e o ar, como agente oxidante. A evidência de transformação observada é o escurecimento da fruta. Ferro/ar: não se observa evidência de transformação, ou seja, o ar seco não tende a oxidar o ferro. Ferro/maçã: a maçã oxida o ferro, logo a maçã (mais precisamente o ácido málico) atua como agente oxidante e o ferro, como agente redutor. A evidência de transformação observada é um depósito de coloração azulada ao redor do prego, o malato de ferro(II). Zinco/maçã (ou limão)/cobre: o zinco atua como agente redutor, a fruta, como agente oxidante (mais precisamente os íons H^+) e o cobre, como eletrodo inerte, pois as frutas não têm em sua constituição íons Cu^{2+} em quantidades apreciáveis para ocorrer a formação do par eletroquímico Cu^{2+}/Cu. A evidência de transformação química observada é a medida de um valor de ddp, de forma que, se não há diferença de potencial, não há fluxo de elétrons. Logo, a classificação como agente redutor ou oxidante não é fixa; ela depende das condições em que o experimento é executado, especialmente das substâncias presentes, pois elas têm diferentes tendências a se oxidar ou reduzir, expressas nos diferentes valores de ddp medidos.

1. O maior valor energético dos lipídios pode ser associado ao menor valor de Nox da série de estruturas apresentadas:



Como citado no enunciado da questão, quanto mais reduzida a substância, mais energia é liberada no rompimento de suas ligações químicas. Como pode ser observado na análise das estruturas, o átomo de carbono central do lipídio é mais reduzido que o átomo de carbono central dos glicídios, indicando, portanto, o alto valor energético dos lipídios quando comparado ao dos glicídios.

2. **a)** O aumento do Nox está relacionado à oxidação, e sua diminuição, à redução. Como o agente redutor é a espécie que foi oxidada e o agente oxidante é a espécie que foi reduzida, nessa reação, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) atua tanto como agente oxidante quanto agente redutor. Já o íon permanganato (MnO_4^-) atua exclusivamente como agente oxidante.

$$\overset{+1\,-1}{H_2O_2}(aq) + \overset{+7\,-2}{MnO_4^-}(aq) + H^+(aq) \longrightarrow$$
$$\longrightarrow Mn^{2+}(aq) + \overset{+1\,-2}{H_2O}(l) + \overset{0}{O_2}(g)$$

b) $5\ H_2O_2(aq) + 2\ MnO_4^-(aq) + 6\ H^+(aq) \longrightarrow$
$\longrightarrow 2\ Mn^{2+}(aq) + 8\ H_2O(l) + 5\ O_2(g)$

3. Os elementos químicos que participam da reação de oxirredução são o manganês (Mn) e o ferro (Fe). O balanceamento está correto. Com o coeficiente estequiométrico 5 para o cloreto de ferro(II), tem-se que, para cada cinco íons Fe^{2+} oxidados, são transferidos 5 e^-. Com o coeficiente estequiométrico 1 para o permanganato de potássio, tem-se que, para cada íon reduzido, são recebidos 5 e^-.

4. **a)** O fato de o eletrodo X ceder elétrons para o EPH quando estão conectados indica que ele é oxidado e que o eletrodo-padrão de hidrogênio

MODERNA

é reduzido. Logo, o potencial-padrão de redução desse eletrodo é menor que o do EPH ($E° = 0{,}00$), ou seja, é um valor negativo (−0,22 V). Quando os eletrodos X e Y são conectados por um condutor, o eletrodo X é oxidado e o eletrodo Y é reduzido. Isso indica que o potencial-padrão de redução de Y é maior que o de X; logo, o valor deve ser positivo (+0,62 V).

b) Como o eletrodo Y é reduzido e o eletrodo X é oxidado, temos:

$\Delta E° = E°(\text{processo de redução}) - E°(\text{processo de oxidação})$

$\Delta E° = +0{,}62\ V - (-0{,}22\ V) \therefore \Delta E° = +0{,}84\ V$

5. Alternativa **c**. Como, em todos os pares propostos, o cobre é o metal cuja forma oxidada tem o maior potencial-padrão de redução, deve-se procurar o metal cuja forma oxidada apresenta o menor potencial-padrão de redução. Com esse par, será gerada a maior diferença de potencial e, em teoria, o maior estímulo elétrico. Consultando a tabela de potenciais-padrão de redução do final do Volume, nota-se que é o alumínio.

6. Consultando a tabela de potenciais-padrão de redução ao final do Volume, temos que $E°(Ag^+/Ag)$ é +0,80 V quando $E°(H^+/H_2)$ é zero. Assim, o valor do potencial-padrão de redução do par H^+/H_2 na nova escala seria −0,80 V.

7. Alternativa **a**. Espera-se que os estudantes percebam que o produto da primeira reação é o reagente da segunda e que, portanto, deve-se levar em conta no cálculo da variação do Nox o reagente do primeiro processo e o produto do segundo. Assim, $|\Delta Nox(S)| = 8$.

$$\overset{+6\,-2}{SO_4^{2-}(aq)} \xrightarrow{\text{ação bacteriana}} S^{2-}(aq) \xrightarrow{\text{meio ácido}} \overset{+1\,-2}{H_2S(g)}$$

8. **a)** A decomposição da MO consome o OD na água. Logo, quanto maior a concentração de MO, menor o valor de OD. Com a diminuição de OD na água, os organismos aeróbicos, que dependem desse gás para o seu metabolismo, são ameaçados.

b) As espécies mais oxidadas estão presentes em condições aeróbicas:

Espécies em condições aeróbicas	Nox	Espécies em condições anaeróbicas	Nox
CO_2; H_2CO_3; HCO_3^-	Nox(C) = +4	CH_4	Nox(C) = −4
SO_4^{2-}	Nox(S) = +6	H_2S	Nox(S) = −2
NO_3^-	Nox(N) = +5	NH_3; NH_4^+	Nox(N) = −3
$Fe(OH)_3$	Nox(Fe) = +3	Fe^{2+}	Nox(Fe) = +2

As condições aeróbicas estão presentes na parte superior do lago, onde ocorre contato entre a água e a atmosfera, promovendo a dissolução do gás oxigênio. Esse processo é ainda mais facilitado se houver turbulência na água. A maior concentração de gás oxigênio presente nessa zona, em relação à zona mais profunda, cria um ambiente oxidante, ou seja, promove a oxidação das espécies químicas presentes.

Tema 6

1. Alternativa **e**.

a) Incorreta, pois a molécula de glicose é produzida pelo processo de fotossíntese realizado pela cana-de-açúcar.

b) Incorreta, pois a cana-de-açúcar não faz fermentação.

c) Incorreta, pois a energia da luz solar é armazenada na molécula de glicose, e não na de clorofila.

d) Incorreta, pois a energia é captada da luz solar no processo de fotossíntese realizada pela cana-de-açúcar.

e) Correta. Na fotossíntese, a energia da luz solar é convertida em energia química, sendo armazenada nas moléculas de glicose. Posteriormente, a glicose é fermentada por fungos, produzindo o etanol.

2. Alternativa **d**.

a) Incorreta, pois a formação do acetil-CoA ocorre na matriz mitocondrial.

b) Incorreta, pois a glicólise não é dependente da presença de gás oxigênio, portanto, no cenário descrito, esse processo seria mantido.

c) Incorreta, pois a formação do acetil-CoA e o ciclo de Krebs ocorrem na matriz mitocondrial.

d) Correta. O O_2 funciona como aceptor de elétrons ao final da cadeia de transporte de elétrons que ocorre nas cristas mitocondriais; e o ciclo de Krebs, que ocorre na matriz mitocondrial, produz todo o CO_2 eliminado na respiração.

e) Incorreta, pois o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória ocorrem, respectivamente, na matriz mitocondrial e nas cristas mitocondriais.

3. Alternativa **c**.

a) Incorreta, pois o CO_2 e a água são moléculas utilizadas na fotossíntese como matéria-prima para a produção de glicídios, que armazenam em suas moléculas energia química.

b) Incorreta, pois a energia solar é convertida em energia química nos cloroplastos.

c) Correta, pois todos os seres vivos dependem de processos desencadeados pela energia solar, como a fotossíntese.

d) Incorreta, pois, na respiração, há produção de gás carbônico, que é liberado para a atmosfera.

e) Incorreta, pois a produção de biomassa, bem como a de combustíveis fósseis no passado, ocorre por meio da fotossíntese, que retira CO_2 da atmosfera.

4. **a)** O monóxido de carbono promove redução do transporte de gás oxigênio até as células, pois ele se liga mais fortemente à hemoglobina que as moléculas de O_2, substância necessária para a síntese de ATP na mitocôndria, por meio da respiração celular aeróbia. O íon cianeto interrompe uma das etapas da respiração celular, o que igualmente impede que o ATP seja sintetizado.

b) Sem o ATP, a atividade muscular e as atividades celulares de maneira geral cessam. Isso inclui os músculos relacionados à respiração, como os intercostais e o diafragma, que permitem que o ar seja inspirado e expirado.

5. Alternativa **b**.

I. Está incorreta. A fermentação dos carboidratos da massa de pão depende de enzimas sintetizadas por microrganismos presentes no fermento biológico.

II. Está correta. Durante a fermentação, ocorre a produção de gás carbônico, que se acumula no interior da massa, fazendo a bola ficar menos densa e subir.

PROIBIDA

III. Está incorreta. Apesar de a densidade do álcool ser menor que a da água, essa substância não torna a bola de massa leve para ficar menos densa e subir.

6. **a)** O crescimento das duas plantas diferiu em razão do tipo de luz a que cada planta foi exposta. Como a luz solar apresenta os comprimentos de onda absorvidos pelas clorofilas a e b (cores violeta-azul – 380 nm a 490 nm – e alaranjado-vermelho – 590 nm a 740 nm), a planta do "vaso 1", que recebeu essa luz, se desenvolveu mais por realizar fotossíntese.

b) Pela tabela, a cor verde corresponde ao comprimento de onda entre 520 nm e 570 nm, espectro não absorvido pela clorofila, sendo refletido. Assim, as pessoas com visão normal para cores enxergam as folhas verdes, pois é o comprimento de onda refletido por elas.

7. Alternativa **c**.

a) Incorreta, pois, no frasco com as bactérias do tipo A, houve aumento de gás carbônico e redução da concentração de gás oxigênio e de glicose, o que indica a realização do processo de respiração celular aeróbia.

b) Incorreta, pois a fermentação que ocorreu no frasco B foi a alcoólica, com a produção de etanol.

c) Correta, pois a respiração aeróbia consome glicose e gás oxigênio e libera mais gás carbônico no ar; a fermentação alcoólica consome glicose, produz etanol e libera gás carbônico; a fotossíntese oxígena produz glicose e retira gás carbônico do meio.

d) Incorreta, pois a fermentação que ocorreu no frasco com as bactérias tipo B é a alcoólica, com a liberação de etanol e gás carbônico. Além disso, a fotossíntese que ocorreu em C liberou gás oxigênio.

e) Incorreta, pois, no frasco com as bactérias do tipo A, ocorreu a respiração com o consumo de gás oxigênio e de glicose; no frasco B, ocorreu a fermentação alcoólica com a produção de etanol; no frasco C, ocorreu a fotossíntese oxígena com a produção de gás oxigênio.

8. Alternativa **a**.

a) Correta, pois, na presença de gás oxigênio, as células 1 consumiram glicose; já na ausência, houve pouco ou nenhum consumo.

b) Incorreta, pois, no experimento B, elas consumiram glicose, o que resultou em uma concentração menor que a inicial.

c) Incorreta, pois não é possível avaliar o consumo de gás oxigênio, já que suas concentrações inicial e final não foram medidas.

d) Incorreta, pois, em condições aeróbias, elas consumiram a mesma quantidade de glicose.

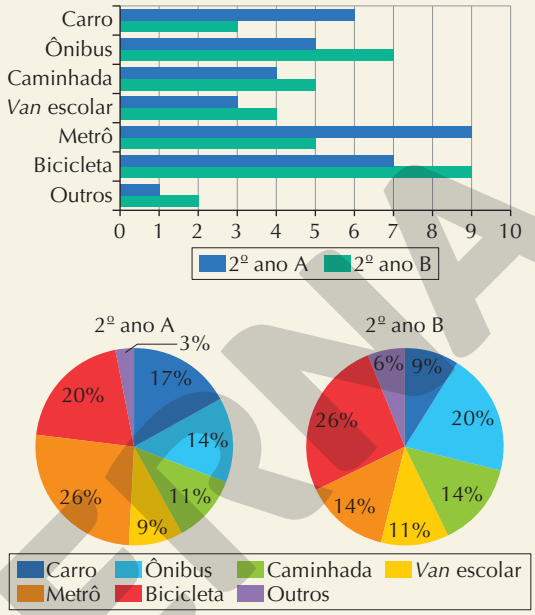
e) Incorreta, pois, no experimento B, ambas consumiram glicose.

Reflexões sobre a ciência

1. **a)** O gráfico mais adequado para fazer comparações é o de barras. Esse tipo de gráfico possibilita a comparação entre diferentes variáveis e a identificação de um padrão entre elas.

b) O gráfico mais adequado para compreender as proporções é o de setor. Esse tipo de gráfico possibilita verificar visualmente as proporções de cada variável.

c) Os estudantes devem construir um gráfico de barra e um gráfico de setor com base na tabela apresentada no enunciado. Os gráficos devem ser semelhantes às imagens a seguir.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes, após a leitura do texto, especifiquem que a melhor forma depende do tipo da abordagem da pesquisa que originou os dados: as listas e os quadros são adequados para a apresentação de dados de natureza qualitativa, e as tabelas e os gráficos são mais apropriados para a apresentação dos dados quantitativos. A discussão pode ser aprofundada levando em conta as peculiaridades de cada um desses quatro recursos gráficos. Assim, as listas são adequadas para elencar apenas uma variável qualitativa, enquanto os quadros permitem relacionar mais variáveis desse gênero. Já entre tabelas e gráficos, a escolha pode recair sobre a facilidade de interpretação e o tipo de análise promovida acerca dos valores quantitativos das variáveis. O gráfico de dispersão pode ser construído com a ajuda de um computador, *tablet* ou celular. É importante que os estudantes façam a coleta de dados entre a comunidade escolar e, a partir desses dados, forneçam subsídios para contribuir com soluções práticas para a própria comunidade escolar (por exemplo, incentivando as pessoas a praticarem atividades físicas).

Pensamento crítico e argumentação

1. **a)** "O uso de Terapia Quântica é altamente recomendável para, comprovadamente, melhorar sua qualidade de vida."

b) O trecho apresenta as seguintes evidências, que supostamente justificam a alegação feita: "O novo travesseiro com terapia quântica traz os benefícios energéticos que equilibram tanto

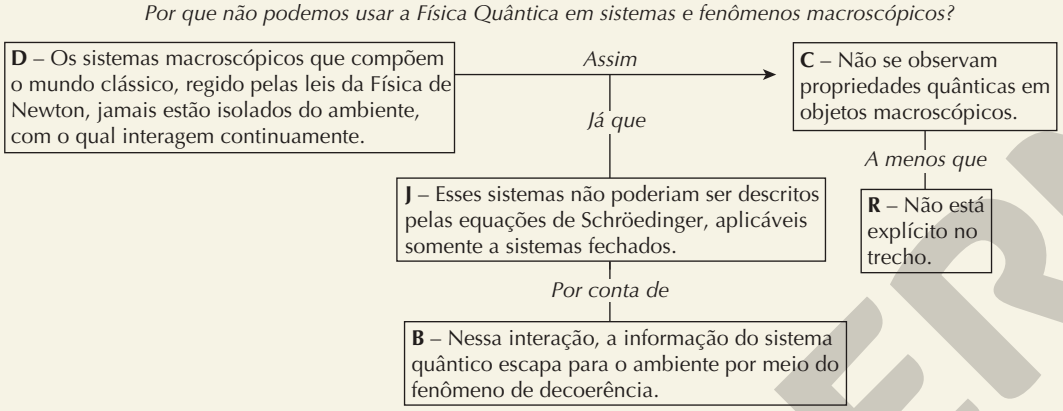
EM ORDEM

a pele do rosto quanto dos órgãos da cabeça", "Durante o sono, o corpo se recupera das atividades do dia e retorna ao seu equilíbrio energético", "seu sono será mais reparador e você receberá os benefícios dessa terapia enquanto dorme".

c) Considerando a definição de evidência apresentada no texto introdutório, os estudantes podem atribuir a qualidade de evidência a toda a informação similar a um dado científico.

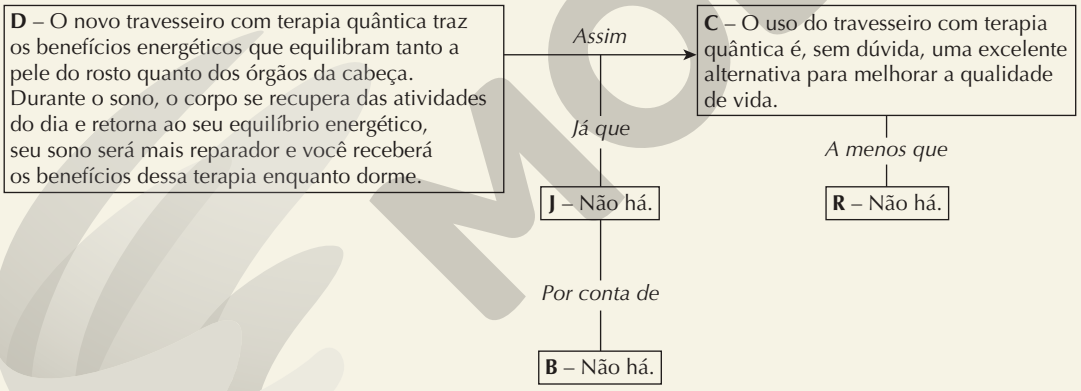
d) Segundo o modelo de argumento científico apresentado, uma relação precisa ser estabelecida entre a alegação e as evidências. Essa relação, chamada de raciocínio, não é estabelecida no trecho. As evidências são listadas antes da apresentação da alegação, mas não é possível identificar o modo como as evidências suportam a afirmação. Quando falamos de raciocínio científico, apenas listar evidências não é suficiente. Dessa forma, como o raciocínio está omitido e não é possível identificar as relações lógicas e as ideias que embasam as evidências, esse argumento pode ser considerado ruim.

2.



Em outras palavras, não é possível notar as propriedades quânticas em sistemas macroscópicos, porque as partículas interagem com o ambiente ao redor. Como esse meio, no qual as partículas estão imersas, é muito complexo, as características quânticas são absorvidas por ele, dissipando-se de maneira permanente. Assim, os componentes da matéria passam a se comportar de forma convencional, ou seja, pelas leis da Física Clássica.

3.



4. Comparativamente, a alegação, a evidência e o raciocínio (presentes no primeiro modelo apresentado) podem ser considerados equivalentes, respectivamente, à conclusão, ao dado e à justificativa no modelo de Toulmin. Com relação às respostas, é interessante notar que, nos dois modelos de argumento, o exemplo do travesseiro quântico não pode ser considerado um argumento completo.

5. Espera-se que os estudantes, após buscar dados em fontes confiáveis, percebam que a Física Quântica é uma área em pleno desenvolvimento, que tem possibilitado avanços na Ciência e na Engenharia, além da criação de novas tecnologias em várias áreas do conhecimento. No entanto, muitos têm usado termos da Mecânica Quântica fora de contexto e de maneira distorcida na tentativa de atribuir validação científica a ideias pseudocientíficas, favorecendo a comercialização de produtos e serviços. Independentemente do modelo adotado pelos estudantes, espera-se que eles construam argumentos consistentes, usando dados confiáveis para embasar e justificar seu ponto de vista.

MODERNA

Valores e atitudes

1. Espera-se que os estudantes tenham encontrado em sua pesquisa valores próximos de: R$ 60,00 para o fogareiro; R$ 100,00 para o botijão vazio de 13 kg; e R$ 70,00 para as recargas de gás. Assim, o custo do fogão a gás durante um ano é de cerca de R$ 1.000,00. Os valores citados foram pesquisados em abril de 2020, podendo sofrer variações ao longo do ano. Espera-se que os estudantes notem que, em termos econômicos, o fogão solar é mais vantajoso.
2. Espera-se que os estudantes reconheçam o fogão a gás como o fogão mais eficiente, com tempo de cozimento inferior ou igual ao dos demais fogões. No entanto, os fogões solares mostraram ser uma alternativa viável para realizar o preparo dos alimentos citados na tabela.
3. Resposta variável. A energia solar pode ser aproveitada de diversas formas, como em um fogão solar ou no aquecimento de água por meio do aquecedor solar, por exemplo. Uma solução que pode contribuir para a melhora da qualidade de vida das pessoas é utilizar uma garrafa PET com água em um furo no telhado, também conhecida como "lâmpada de Moser". Essa invenção reflete a luz solar e gera economia na conta de luz, além de utilizar materiais recicláveis. A ONG Litro de Luz adaptou a ideia da lâmpada de Moser e criou a "lâmpada noturna", que utiliza uma pequena placa solar presa à garrafa PET. Essa iniciativa já ajudou milhares de pessoas no Brasil.

   Mais informações sobre a lâmpada de Moser estão disponíveis em : <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/08/130813_lampada_garrafa_gm>. Informações sobre o projeto Litro de Luz estão disponíveis em: <https://www.litrodeluz.com/>. Acessos em: 7 ago. 2020.

UNIDADE 2
Desenvolvimento sustentável

Abertura

Espera-se que os estudantes compreendam que o artista faz uma crítica ao consumo excessivo e compulsivo, bem como à poluição causada por ele. É possível discutir a opção do artista pelo uso das sacolas plásticas como elemento principal da montagem em detrimento de outros objetos. As sacolas plásticas são símbolo da cultura do consumo inconsequente e possivelmente o exemplo mais evidente da vida útil curta desse tipo de material. A disposição das sacolas plásticas em galhos pode ser entendida como um simbolismo da poluição ambiental causada por esses materiais. A disposição mimetiza o que, em geral, ocorre em ambientes poluídos.

Tema 1. Espera-se que os estudantes mencionem que o consumo exacerbado alimenta um ciclo vicioso, em que os impactos ambientais aumentam a partir da necessidade crescente do uso de recursos naturais para a produção de bens. Para a viabilização de um desenvolvimento sustentável, por sua vez, é necessário que o desenvolvimento econômico esteja aliado à preservação ambiental, com o reconhecimento de que os recursos naturais são finitos e precisam ser utilizados de forma racional, reduzindo o uso de matérias-primas, aumentando a reutilização e a reciclagem dos materiais e propondo o emprego de fontes energéticas renováveis e a conscientização sobre o consumo e o descarte dos resíduos.

Tema 2. Espera-se que os estudantes mencionem que a utilização do plástico proporcionou, em muitas áreas, avanços que permitiram o desenvolvimento de embalagens flexíveis, resistentes e de diversas cores a um baixo custo, bem como a confecção de materiais de uso único – por exemplo, seringas e embalagens para o descarte de resíduos hospitalares (prevenindo risco de contaminação) – e de produtos leves e duráveis. Entretanto, há impactos negativos provenientes da utilização dos diferentes tipos de plástico, como a poluição ambiental pelo descarte inadequado, além do uso de recursos naturais renováveis e não renováveis. Por isso, a reciclagem e o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis se fazem cada vez mais importantes, de forma que possamos usufruir dos benefícios do material, minimizando os impactos negativos.

Tema 3. Espera-se que os estudantes relatem que dispositivos como pilhas e baterias, sobretudo os recarregáveis, permitiram o desenvolvimento de eletrônicos portáteis como celulares, *notebooks* e *smartphones*, que alteraram a forma e a velocidade com que nos comunicamos, além de marca-passos e dispositivos com maior demanda energética, como automóveis elétricos.

Tema 4. Espera-se que os estudantes respondam que a transmissão e a recepção de som e imagem ocorrem por meio da conversão de ondas eletromagnéticas. As ondas sonoras e luminosas são convertidas em ondas eletromagnéticas pelas estações retransmissoras e podem percorrer uma área bem extensa, sendo transportadas por cabos ou direcionadas por antenas e satélites, alterando a velocidade de difusão de informações. No caso da televisão, a informação visual se tornou importante apelo comercial e fonte de conhecimento, aproximando o telespectador de locais ou eventos distantes.

Tema 5. Os estudantes podem citar instrumentos musicais de percussão, de sopro e de corda. Espera-se que eles identifiquem que alguns materiais recicláveis, como alumínio, papelão, vidro e plástico, podem emitir ondas sonoras que possuirão variáveis como diferentes amplitudes, frequências e formas.

Tema 1

1. Alternativa **b**. As demais alternativas estão incorretas, porque o depósito a céu aberto não produz adubo para a agricultura, não reduz o volume de lixo e não diminui o contato humano direto com o lixo. O aterro sanitário não produz adubo para a agricultura e não tem baixo custo operacional.
2. Soma = **22** (02 + 04 + 16). A alternativa 01 está incorreta, porque a retirada de uma espécie de seu ambiente de origem e a sua introdução em outro não são recomendáveis e causam danos à biodiversidade. Além disso, não é possível acasalar Blu com uma fêmea de outra espécie, o que invalida a alternativa 08.
3. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que os principais problemas são a contaminação de solo, o desenvolvimento de doenças entre as pessoas que vivem e/ou trabalham nesses locais, a geração de toxinas pela queima do lixo e a propagação de animais transmissores de doenças.

MANUAL DO PROFESSOR

b) Espera-se que os estudantes mencionem, como alternativas de substituição dos lixões, os aterros sanitários – em que o lixo é disposto em camadas alternadas com terra compactada, evitando o contato direto com o ar –, a incineração – queima do lixo em usinas próprias, com a desvantagem de produzir cheiro e fumaça –, a compostagem – transformação da parte orgânica do lixo em compostos que podem servir de adubo nas plantações (exige coleta seletiva) e a reciclagem de materiais, como papel, metal, plástico e vidro, que também exige coleta seletiva.

c) Espera-se que os estudantes respondam que a política dos 7 Rs é uma proposta de ação para reduzir os problemas gerados pela disposição de resíduos. As ações são: reduzir a quantidade de lixo; repensar hábitos de consumo e descarte; reutilizar parte do lixo diretamente como matéria-prima; reciclar a maior quantidade possível de materiais para a produção de papel, plástico e vidro, por exemplo; reaproveitar embalagens e produtos para finalidades diversas, estabelecendo sua utilização; recuperar aquilo que foi danificado; e recusar o consumo de produtos que gerem impactos socioambientais significativos.

4. a) Espera-se que os estudantes respondam que o poluente a que o texto se refere é o mercúrio, usado no garimpo para separar o ouro da areia ou do cascalho.

b) Espera-se que os estudantes respondam que o mercúrio chega aos povos indígenas pelos rios, de onde eles retiram água e alimentos para viver. Por estarem no topo da cadeia alimentar, neles, a concentração dessa substância é maior.

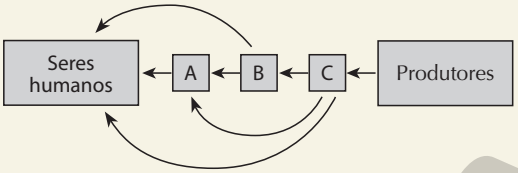
c) Espera-se que os estudantes respondam que o mercúrio, quando convertido em metilmercúrio, torna-se altamente tóxico, chegando a causar lesões nervosas que podem levar o indivíduo à morte. A sua detecção é feita por meio de análise de tecidos do corpo dos organismos que vivem no local.

5. Espera-se que os estudantes respondam que as manchas de petróleo ficam na camada superficial das águas, bloqueando a passagem da luz, o que afeta a fotossíntese e impede as trocas de gases entre a água e o ar, comprometendo a vida nos ecossistemas aquáticos. O petróleo impregna a superfície do corpo dos animais, levando-os à morte por intoxicação. Além disso, a economia, com base no turismo das praias, na pesca e na coleta de frutos do mar, também sofre com esse impacto.

6. Alternativa **b**. A alternativa **a** está incorreta, porque o déficit ecológico não mede o grau de poluição. A pegada ecológica é maior que a biocapacidade nos países representados por extensões territoriais pequenas, o que invalida a alternativa **c**. O fato de os países representados pelas tonalidades esverdeadas terem déficit negativo não está relacionado com o desenvolvimento sustentável, o que invalida a alternativa **d**. A alternativa **e** está incorreta, porque nem todos os países menos desenvolvidos têm biocapacidade baixa.

7. Alternativa **b**. A alternativa **a** está incorreta, porque o comprometimento dos serviços mencionados no texto afetaria fortemente a economia humana. O bem-estar das populações deve prezar a conservação dos ecossistemas naturais, preservando os recursos naturais e protegendo as espécies de entrarem em risco de extinção, o que invalida, dessa forma, a alternativa **c**. A alternativa **d** está incorreta, porque a extinção de qualquer espécie pode levar ao desequilíbrio ambiental e ao comprometimento dos serviços citados. A alternativa **e** está incorreta, porque os organismos em extinção não refletem a insustentabilidade da própria natureza.

8. a)



b) Espera-se que os estudantes respondam que a supressão de peixes levaria à desnutrição proteica da comunidade ribeirinha, pois a mandioca (aipim) é rica em carboidratos, mas pobre em proteínas, nutriente que viria dos peixes.

Tema 2

1. a) As reações representadas são cisões homolíticas de ligações covalentes, pois originam radicais livres.

b) As espécies são radicais livres.

2. Alternativa **a**.

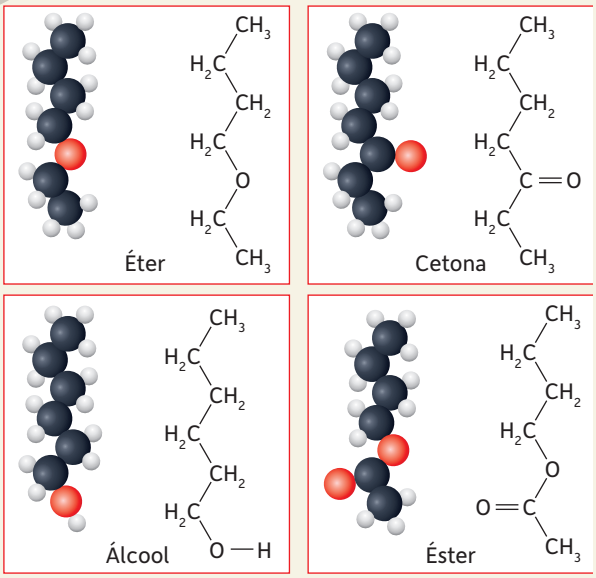
I) A transformação da sacarose em glicose e frutose é uma reação de hidrólise.

II) A transformação dos monossacarídeos em etanol é uma reação de fermentação.

III) A transformação do etanol em eteno é uma reação de eliminação de água (desidratação intramolecular).

IV) A transformação do eteno (ou etileno) em polietileno é uma reação de polimerização.

3. A fórmula estrutural plana das moléculas representadas na figura e suas respectivas funções orgânicas são:

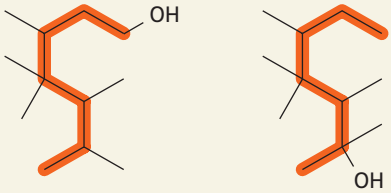


Portanto, o álcool, o éter e o éster são, respectivamente, a terceira, a primeira e a quarta molécula representada.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

ESPECIAL PARA O PNLD

4. **a)** A cadeia principal de ambas as moléculas tem o mesmo tamanho de 7 átomos de carbono.



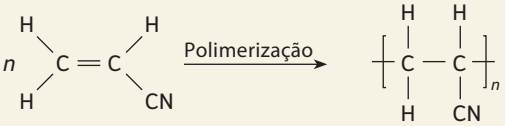
I II

b) As substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, ou seja, são isômeros de posição, com fórmula molecular $C_{12}H_{26}O$; portanto, $x = 12$, $y = 26$.

5. **a)** Uma forma de representação possível é indicada a seguir.
Propan-1-ol: $H_3C-(CH_2)_2-OH$
Pentan-1-ol: $H_3C-(CH_2)_4-OH$
Heptan-1-ol: $H_3C-(CH_2)_6-OH$

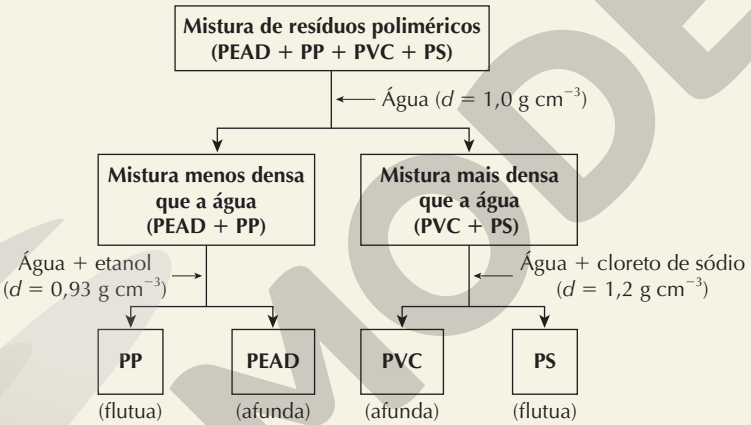
b) Álcoois são compostos nos quais o grupo hidroxila (polar) permite que suas moléculas interajam com as moléculas de água por meio de ligações de hidrogênio. No entanto, o aumento da cadeia carbônica (apolar) diminui a solubilidade em água, uma vez que as interações do tipo forças dispersivas de London entre as regiões apolares se tornam mais pronunciadas em relação às ligações de hidrogênio, diminuindo a solubilidade das substâncias em água.

6.



Acrilonitrila Poliacrilonitrila

7. A seguir, veja um exemplo de fluxograma que pode ser apresentado como resposta.



Esse tipo de atividade favorece o desenvolvimento do pensamento computacional, mais especificamente a ideia de algoritmo como uma sequência finita de procedimentos que permite resolver determinado problema.

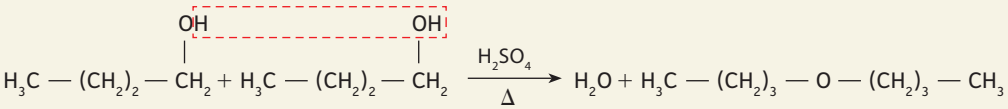
8. Alternativa **e**. Para que a reação de condensação que produz poliéster ocorra, os reagentes devem apresentar os grupos funcionais ácido carboxílico e álcool nas duas extremidades de cada um dos reagentes. Assim, apenas o par IV atende a essas condições, ou seja, um composto é um diácido carboxílico e o outro é um diálcool.

9. Alternativa **a**. O líquido de expansão é o $CH_3(CH_2)_3CH_3$, pois é o único dentre as alternativas que atende às especificações indicadas no enunciado; tem temperatura de ebulição igual a 36 °C, ou seja, a 90 °C está totalmente na fase gasosa, diferente do composto III; além disso, não apresenta insaturações que permitiriam a ocorrência de reações de polimerização, diferente do composto II.

10. A – III; B – I; C – II. As três substâncias interagem por forças dispersivas de London (por meio da cadeia carbônica) e por ligações de hidrogênio (por meio do grupo hidroxila). Como todas apresentam o mesmo número de grupos funcionais, a contribuição das ligações de hidrogênio é similar nos três casos. Assim, quanto maior a contribuição das forças dispersivas de London, isto é, quanto maior a cadeia carbônica, maior será a temperatura de ebulição da substância. Como o butan-1-ol apresenta a maior cadeia carbônica, terá a maior TE; e como o metanol possui a menor cadeia carbônica, terá a menor TE.

MODERNA

11. O produto formado é o éter dibutílico, ou 1-butoxibutano:



O éter produzido a partir do butan-1-ol tem caráter apolar mais acentuado e ausência de interações do tipo ligações de hidrogênio; portanto, ele apresenta menor solubilidade em água quando comparado ao reagente, e seu caráter anfifílico é menos acentuado.

Tema 3

1. Os consumidores podem auxiliar não descartando pilhas e baterias no lixo comum e exigindo o cumprimento da Resolução nº 401/2008 por parte dos fabricantes. Quanto aos vendedores, estes podem, em parceria com as indústrias, estabelecer pontos de coleta e dar o destino adequado ao material recolhido, além de orientar corretamente os consumidores. Atualmente, inúmeros estabelecimentos, como bancos, farmácias, mercados e escolas, são equipados com pontos de coleta. Caso na escola não haja um ponto de coleta, essa é uma boa oportunidade para discutir com os estudantes uma forma de elaborar uma possível intervenção para suprir essa carência na comunidade escolar e no seu entorno.

2. Um exemplo de esquema para essa pilha e das reações e potenciais-padrão de redução envolvidos no processo de geração de energia elétrica é mostrado a seguir (a presença da lâmpada não influencia o funcionamento do sistema, porém ela é ilustrada para indicar a ocorrência do fluxo de elétrons).

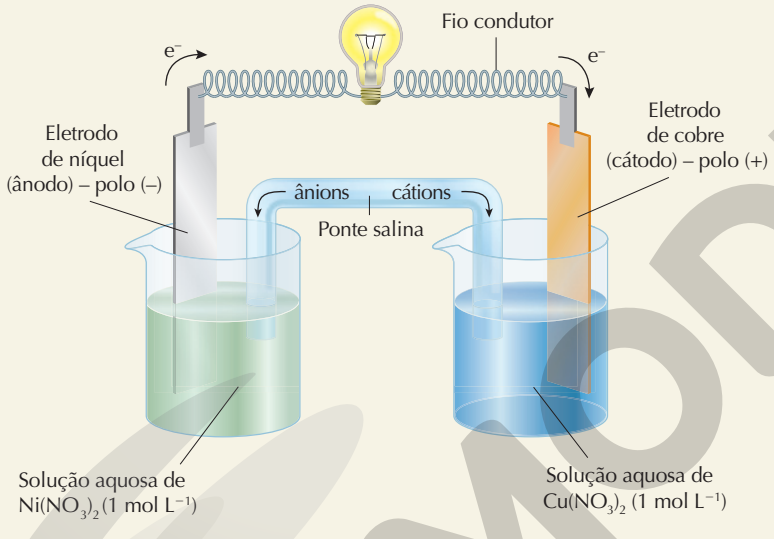


ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Como o potencial-padrão de redução dos íons $Cu^{2+}(aq)$ é maior que o dos íons $Ni^{2+}(aq)$, ocorre a redução na semicélula de cobre e a oxidação na semicélula de níquel:

Ânodo (–): $Ni(s) \longrightarrow Ni^{2+}(aq) + 2\ e^-$ $\quad E°_{red} = -0{,}28\ V$

Cátodo (+): $Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \longrightarrow Cu(s)$ $\quad E°_{red} = +0{,}34\ V$

$E°_{pilha} = E°_{red}$ (cátodo) $- E°_{red}$ (ânodo)

$E°_{pilha} = E°(Cu^{2+}/Cu) - E°(Ni^{2+}/Ni)$

$E°_{pilha} = +0{,}34\ V - (-0{,}28\ V) = +0{,}62\ V$

$Ni(s) \mid Ni^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$

Explique aos estudantes que esse tipo de dispositivo é, atualmente, mais empregado no âmbito científico, e que outros dispositivos mais eficientes e práticos já estão disponíveis no mercado.

3. Ânodo: $2\ Li(s) \longrightarrow 2\ Li^+(aq) + 2\ e^-$

Cátodo: $I_2(s) + 2\ e^- \longrightarrow 2\ I^-(aq)$

Equação global: $2\ Li(s) + I_2(s) \longrightarrow 2\ LiI(s)$

$E°_{pilha} = E°_{red}$ (cátodo) $- E°_{red}$ (ânodo)

$E°_{pilha} = +0{,}54\ V - (-3{,}04\ V) = +3{,}58\ V$

4. Em uma pilha, por causa da diferença de potencial elétrico entre seus polos, ocorre uma reação de oxirredução espontânea com fluxo de elétrons do ânodo para o cátodo. Esse fluxo de elétrons gera trabalho elétrico, que é utilizado como fonte de energia.

MODERNA

5. **a)** O desgaste da placa de cobre durante o funcionamento da pilha indica que os átomos de cobre são oxidados a $Cu^{2+}(aq)$, ou seja, cedem elétrons para os cátions $Ag^{+}(aq)$, que são reduzidos a átomos de prata, ocasionando o depósito do sólido na placa de prata. Logo, o fluxo de elétrons se estabelece da placa de cobre em direção à placa de prata.

b) Na semicélula de prata, ocorre a redução dos cátions $Ag^{+}(aq)$ a átomos de prata. Como esses cátions estão em solução com os ânions provenientes do sal de prata dissolvido, a semicélula de prata fica com excesso de cargas negativas; dessa maneira, os cátions da ponte salina migram no sentido da semicélula de prata. Na semicélula de cobre, ocorre a oxidação dos átomos de cobre a íons $Cu^{2+}(aq)$, e a solução fica com excesso de cargas positivas. Para manter o equilíbrio de cargas, os ânions da ponte salina migram no sentido da semicélula de cobre.

c) O ânodo é o eletrodo em que ocorre a semirreação de oxidação; logo, o eletrodo de cobre é o ânodo. O cátodo é o eletrodo em que ocorre a semirreação de redução; logo, o eletrodo de prata é o cátodo.

d) Equação química da semirreação do ânodo (polo negativo da pilha): $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,e^{-}$
Equação química da semirreação do cátodo (polo positivo da pilha): $Ag^{+}(aq) + e^{-} \longrightarrow Ag(s)$

e) Ânodo (−): $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,e^{-}$
Cátodo (+): $2\,Ag^{+}(aq) + 2\,e^{-} \longrightarrow 2\,Ag(s)$
Equação global: $Cu(s) + 2\,Ag^{+}(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag(s)$

f) $Cu(s) \mid Cu^{2+}(aq) \parallel Ag^{+}(aq) \mid Ag(s)$

6. **a)** O eletrodo de magnésio, em que ocorre a oxidação, é chamado de ânodo. Já o eletrodo de zinco, em que ocorre a redução, é chamado de cátodo.

b) Esquema da pilha:

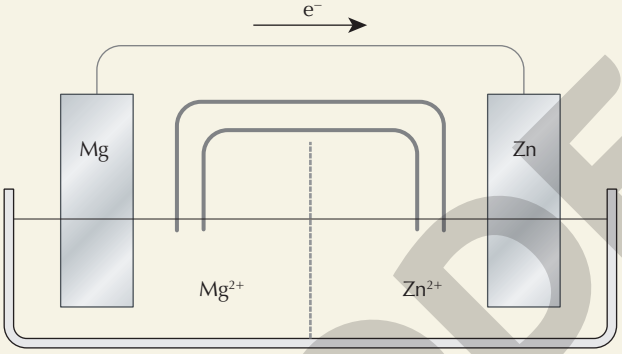


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

$Mg(s) \mid Mg^{2+}(aq) \parallel Zn^{2+}(aq) \mid Zn(s)$

7. Para a célula alcalina:
Cátodo: $O_2(g) + 2\,H_2O(l) + 4\,e^{-} \longrightarrow 4\,OH^{-}(aq)$
Ânodo: $2\,H_2(g) + 4\,OH^{-}(aq) \longrightarrow 4\,H_2O(l) + 4\,e^{-}$
Equação global: $O_2(g) + 2\,H_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l)$
$E^{\circ}_{pilha} = E^{\circ}_{red}$ (cátodo) $- E^{\circ}_{red}$ (ânodo)
$E^{\circ}_{pilha} = +0{,}40\,V - (-0{,}83\,V) = +1{,}23\,V$
Para a célula em meio ácido:
Cátodo: $O_2(g) + 4\,H^{+}(aq) + 4\,e^{-} \longrightarrow 2\,H_2O(l)$
Ânodo: $2\,H_2(g) \longrightarrow 4\,H^{+}(aq) + 4\,e^{-}$
Equação global: $O_2(g) + 2\,H_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l)$
$E^{\circ}_{pilha} = E^{\circ}_{red}$ (cátodo) $- E^{\circ}_{red}$ (ânodo)
$E^{\circ}_{pilha} = +1{,}23\,V - (0{,}00\,V) = +1{,}23\,V$

8. **a)** Pela análise dos potenciais-padrão de redução, vemos que os íons $Ag^{+}(aq)$ são reduzidos a prata metálica no cátodo, enquanto o ferro metálico é oxidado a íons $Fe^{2+}(aq)$ no ânodo.

b) $E^{\circ}_{pilha} = E^{\circ}_{red}$ (cátodo) $- E^{\circ}_{red}$ (ânodo)
$E^{\circ}_{pilha} = +0{,}80\,V - (-0{,}44\,V) = +1{,}24\,V$

c) $Fe(s) \mid Fe^{2+}(aq) \parallel Ag^{+}(aq) \mid Ag(s)$

9. $E^{\circ}_{pilha} = E^{\circ}_{red}$ (cátodo) $- E^{\circ}_{red}$ (ânodo)
$E^{\circ}_{pilha} = +0{,}80\,V - (-1{,}68\,V) = +2{,}48\,V$
$Al(s) + 3\,Ag^{+}(aq) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3\,Ag(s)$

MODERNA

10. a) O eletrólito é a solução de hidróxido de potássio (KOH).

b) O elemento químico que se comporta como agente redutor é o zinco, porque é oxidado (ânodo).

c) O elemento químico que se comporta como agente oxidante é o mercúrio, presente no óxido de mercúrio(II), porque é reduzido (cátodo).

d) $HgO(s) + Zn(s) \longrightarrow Hg(l) + ZnO(s)$

11. a) Pelas semirreações, temos que o valor do potencial de redução do cádmio é menor que o do níquel. Dessa forma, podemos dizer que, durante a descarga da pilha, o cádmio é oxidado e o níquel é reduzido.

b) Para fazer funcionar um dispositivo que necessite de uma diferença de potencial de 1,52 V, a pilha deve fornecer no mínimo o mesmo valor de tensão.

$E_T = E_C - E_A$

$E_T = 0{,}52\ V - (-0{,}81\ V) = +1{,}33\ V$

Como o valor de ddp que essa pilha fornece é menor do que o necessário para fazer o dispositivo funcionar, ela não poderá ser usada.

Tema 4

1. Alternativa **a**. Quando a ordem de grandeza do comprimento de onda da radiação é próxima das dimensões do obstáculo no qual a onda incide ou do orifício pelo qual ela passa, temos o fenômeno da difração.

2. Normalmente, o pêndulo oscila 3.600 vezes em uma hora, já que a hora tem 3.600 segundos. No dia mencionado, o relógio atrasava 2 s em 1 h. A cada hora, portanto, o pêndulo oscilava apenas 3.598 vezes. Assim, o período T' = 3.600/3.598 s.

Escrevendo a equação do período, temos:

$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}} \therefore 2\pi\sqrt{\frac{L'}{g}} = \frac{3.600}{3.598}\ s \quad ①$

E em relação ao período normal:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \therefore 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 1\ s \quad ②$

Dividindo a equação ① pela equação ② membro a membro e cancelando os termos em comum, temos:

$\sqrt{\frac{L'}{L}} = \frac{3.600}{3.598}$

Elevando ao quadrado, obtemos: $L' = 1{,}0011\ L$.

3. O período do pêndulo simples que oscila com pequenas amplitudes é inversamente proporcional à aceleração da gravidade local $\left(T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}\right)$; portanto, como a gravidade na Lua é menor que a gravidade na Terra, o pêndulo oscilaria com período maior na Lua.

4. O período de oscilação de um sistema massa-mola é dado por $\left(T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}\right)$; portanto, ele independe da aceleração gravitacional local. Assim, o período do sistema massa-mola na Lua seria igual ao da Terra.

5. a) A cada oscilação, o pêndulo passou duas vezes pelo ponto *E*; portanto:

$n = \frac{80}{2} \therefore n = 40$ oscilações

b) O pêndulo realiza 40 oscilações em 2 min = 120 s; portanto, o período do pêndulo é:

$T = \frac{120}{40} \therefore T = 3\ s$

c) A partir da expressão para o cálculo do período do pêndulo simples, temos:

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow 3 = 2 \cdot 3 \cdot \sqrt{\frac{L}{10}} \therefore L = 2{,}5\ m$

6. a) A cada oscilação, a massa passa pelo ponto de equilíbrio duas vezes; portanto, são realizadas $\frac{60}{2} = 30$ oscilações a cada 1 min = 60 s. Então:

$f = \frac{n_{oscilações}}{\Delta t} \Rightarrow f = \frac{30}{60} \therefore f = 0{,}5\ Hz$

b) Dada a frequência de 0,5 Hz calculada no item (a), o período do sistema massa-mola é de:

$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{0{,}5} \therefore T = 2\ s$

c) A partir da expressão para o cálculo do período do sistema massa-mola, temos:

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow 2 = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{2}{k}}$

$\therefore k \simeq 19{,}7\ N\ m^{-1}$

7. Alternativa **e**. O período do pêndulo simples é dado por:

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$

Portanto, analisando os dois casos, temos:

$T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_1}{g}}$ ① e $T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_2}{g}}$ ②

Dividindo a equação ① pela equação ②, temos:

$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \Rightarrow \frac{6}{3} = \sqrt{\frac{100}{L_2}} \Rightarrow 2 = \sqrt{\frac{100}{L_2}} \Rightarrow$

$\Rightarrow 4 = \frac{100}{L_2} \therefore L_2 = 25\ cm$

8. Alternativa **d**. Analisando as afirmações:

I. Verdadeira. Usando a equação fundamental da ondulatória, temos:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 0{,}8 = 0{,}2 \cdot f \therefore f = 4\ gotas\ s^{-1}$

II. Verdadeira, pois as ondas produzidas na superfície da água são transversais.

III. Falsa. O período de oscilação (*T*) do barquinho será de:

$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{4} \therefore T = 0{,}25\ s$

Esse período independe do ponto em questão, uma vez que a frequência de oscilação não depende da distância da fonte.

9. a) A partir da equação fundamental da ondulatória, temos:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{340}{0{,}85 \cdot 10^{-2}}$

$\therefore f = 4 \cdot 10^4\ Hz$

Para calcular o comprimento de onda do sinal emitido pelo sonar na água do mar, podemos fazer:

$v_{água} = \lambda_{água} \cdot f \Rightarrow \lambda_{água} = \frac{v_{água}}{f} \Rightarrow$

$\Rightarrow \lambda_{água} = \frac{1.400}{4 \cdot 10^4} \therefore \lambda_{água} = 3{,}5 \cdot 10^{-2}\ m$

b) A onda sonora leva 1 s desde sua emissão até sua recepção de volta ao ponto de onde foi emitida; então, o tempo de ida é igual à metade desse valor: $t_{ida} = 0{,}5$ s.

Esse tempo de ida deve ser igual ao tempo que a onda leva do ponto de emissão até um ponto

da água (t_{ar}) mais o tempo que leva dele até um ponto no fundo do mar ($t_{água}$); portanto, a profundidade (H) pode ser calculada como:

$$t_{ida} = t_{ar} + t_{água} \Rightarrow 0{,}5 = \frac{\Delta s_{ar}}{v_{ar}} + \frac{\Delta s_{água}}{v_{água}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0{,}5 = \frac{68}{340} + \frac{H}{1.400} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 700 - 280 \therefore H = 420 \text{ m}$$

c) As ondas sonoras são mecânicas, portanto precisam de meios materiais para propagar-se.

10. a) A onda com maior período é a onda *A*.

b) A onda com maior frequência é a onda *B*.

c) Nos gráficos, vemos que as ondas têm a mesma amplitude.

d) Considerando que as velocidades de propagação das ondas são iguais, a partir da equação fundamental da ondulatória, a onda com o maior comprimento de onda é aquela com a menor frequência $\left(\lambda = \frac{v}{f}\right)$. Portanto, a onda *A*.

11. Alternativa **c**. Analisando o gráfico, sabemos que, para a profundidade de 4 m, a velocidade da onda é de 6,4 m s^{-1}. Já para a profundidade de 1 m, a velocidade da onda é de 3,2 m s^{-1}. Então, a partir dos dados do gráfico e do enunciado e sabendo que a frequência da onda é constante, temos:

$$f_1 = f_2 \Rightarrow \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{6{,}4}{50} = \frac{3{,}2}{\lambda_2} \therefore \lambda_2 = 25 \text{ m}$$

Tema 5

Prática investigativa

Prepare-se!

Espera-se que os estudantes identifiquem que, para um observador parado, temos a velocidade $v_{obs} = 0$, resultando na seguinte expressão para a frequência observada:

$$f_{obs} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som}}{v_{som} \pm v_{fonte}}$$

Discuta com seus colegas

1. A altura do som do *buzzer* em repouso não será constante. Isso provavelmente acontece devido à variação do próprio som emitido pelo *buzzer* (decorrente de variação da corrente elétrica, por exemplo) e à configuração espacial da medida. Para minimizar o efeito desse último fator, estabeleça uma posição fixa para o celular e para o circuito elétrico com o *buzzer* voltado para a abertura do microfone no celular. Essa medida deve ser feita em local fechado e silencioso. Por exemplo:

	Valor mínimo (Hz)	Valor médio (Hz)	Valor máximo (Hz)
Medida 1	2.789,2	2.789,3	2.789,5
Medida 2	2.789,8	2.789,9	2.790,1
Medida 3	2.789,8	2.790,1	2.790,4
Medida 4	2.789,8	2.790,1	2.790,4

O valor médio da frequência do *buzzer* neste caso seria:

$$f_{fonte} = \frac{2.789{,}3 + 2.789{,}9 + 2.790{,}1 + 2.790{,}14}{4}$$

$$\therefore f_{fonte} = 2.789{,}8 \text{ Hz}$$

Como há uma flutuação no último dígito da leitura, podemos seguir os próximos cálculos ignorando-o, sem haver perda de informação. Assim, $f_{fonte} = 2.790$ Hz.

2. A maior variação de altura será alcançada com o *buzzer* em rotação. Isso acontece porque o movimento de rotação é mais veloz, além de manualmente ser mais fácil fornecer energia para um sistema em rotação.

3. No movimento de oscilação, pois manualmente é mais fácil fornecer energia para um corpo em movimento de oscilação, já que os impulsos ocorrem de maneira gradual. Em um movimento linear, há necessidade de se atingir uma velocidade alta o suficiente para o efeito Doppler ser perceptível. Pode-se incentivar os estudantes a testar outros movimentos lineares do *buzzer*, por exemplo uma pessoa arremessando para outra, se houver espaço amplo e seguro para isso.

4. Transformando, primeiramente, a velocidade de 250 km h^{-1} em m s^{-1}, temos:

$$v = \frac{250}{3{,}6} \text{ m s}^{-1} \therefore v = 69{,}4 \text{ m s}^{-1}$$

Na situação de aproximação e usando $f_{fonte} = 2.790$ Hz, temos:

$$f_{obs}^{aprox} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som}}{v_{som} - v_{fonte}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{obs}^{aprox} = 2.790 \text{ Hz} \cdot \left(\frac{340 \text{ m s}^{-1}}{340 \text{ m s}^{-1} - 69{,}4 \text{ m s}^{-1}}\right)$$

$$\therefore f_{obs}^{aprox} = 3.505 \text{ Hz}$$

No caso do *buzzer* se afastando com a mesma velocidade, temos:

$$f_{obs}^{afast} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som}}{v_{som} + v_{fonte}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{obs}^{aprox} = 2.790 \text{ Hz} \cdot \left(\frac{340 \text{ m s}^{-1}}{340 \text{ m s}^{-1} + 69{,}4 \text{ m s}^{-1}}\right)$$

$$\therefore f_{obs}^{afast} = 2.317 \text{ Hz}$$

5. O cálculo depende do intervalo de tempo entre dois picos registrado pelo aplicativo. Caso tenhamos, por exemplo, $\Delta t = 0{,}6$ s, a frequência do movimento é dada por:

$$f = \frac{1}{0{,}6 \text{ s}} \therefore f = 1{,}7 \text{ Hz}$$

Como $\omega = 2\pi f$, temos:

$\omega = 2\pi \cdot 1{,}7$ Hz $\therefore \omega = 10{,}68$ rad s^{-1}

A diferença encontrada entre os valores da velocidade angular do *buzzer* deve-se à não uniformidade do movimento de rotação.

6. Espera-se que os estudantes identifiquem as eventuais dificuldades encontradas durante a realização do experimento e as registrem propondo sugestões de melhorias.

7. Resposta pessoal.

EM OBRA

1. Dado o nível sonoro de 80 dB = 8 B, temos:

$\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow 8 = \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \Rightarrow 10^8 = \frac{I}{10^{-12}}$

$\therefore I = 10^{-4}\ \text{W m}^{-2}$

2. Considerando que a luz é percebida de forma instantânea, e a partir da definição da velocidade média, temos:

$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 340 = \frac{d}{4} \therefore d = 1.360\ \text{m} = 1{,}36\ \text{km}$

3. O tempo necessário para que a onda que sai do sonar alcance o objeto é de $\frac{0{,}5\ \text{s}}{2} = 0{,}25\ \text{s}$. Então, a partir da definição de velocidade média, temos:

$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 1.500 = \frac{d}{0{,}25} \therefore d = 375\ \text{m}$

4. A partir do enunciado, temos a seguinte representação:

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Dadas a velocidade do som de $340\ \text{m s}^{-1} = 1.224\ \text{km h}^{-1}$, a velocidade da fonte (carro de polícia) de $100\ \text{km h}^{-1}$ e a velocidade do observador (carro) de $70\ \text{km h}^{-1}$, a partir do eixo orientado na figura acima, a frequência observada será de:

$f_{obs} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som} - v_{obs}}{v_{som} - v_{fonte}} \Rightarrow$

$\Rightarrow f_{obs} = 1.100 \cdot \frac{1.224 + 70}{1.224 - 100} \Rightarrow$

$\Rightarrow f_{obs} = 1.000 \cdot \frac{1.294}{1.124}$

$\therefore f_{obs} \simeq 1.151\ \text{Hz}$

5. O comprimento de onda do terceiro harmônico de um tubo aberto de comprimento 30 cm = 0,3 m é dado para $n = 3$; logo:

$\lambda_n = \frac{2L}{n} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2 \cdot 0{,}3}{3} \therefore \lambda_3 = 0{,}2\ \text{m}$

A frequência de vibração do terceiro harmônico de um tubo aberto é dada por:

$f_n = n \cdot \frac{v}{2L} \Rightarrow f_3 = 3 \cdot \frac{300}{2 \cdot 0{,}3} \therefore f_3 = 1.500\ \text{Hz}$

6. Alternativa **d**. Como os dois instrumentos estão emitindo a mesma nota, podemos afirmar que o som tem a mesma frequência. Assim, a característica que diferencia o som de uma flauta do som de um piano é o formato da onda, que denominamos timbre do som.

7. **a)** Na figura, temos representado um tubo fechado e uma sequência de três nós; portanto, temos representado o quinto harmônico.

b) O comprimento de onda do quinto harmônico é dado para $n = 5$; logo:

$\lambda_n = \frac{4L}{n} \Rightarrow \lambda_5 = \frac{4 \cdot 1{,}0}{5} \therefore \lambda_5 = 0{,}8\ \text{m}$

c) A frequência de vibração do quinto harmônico é dada por:

$f_n = n \cdot \frac{v}{4L} \Rightarrow f_5 = 5 \cdot \frac{340}{4 \cdot 1{,}0} \Rightarrow f_5 = \frac{1.700}{4}$

$\therefore f_5 = 425\ \text{Hz}$

8. Alternativa **e**. O comprimento de onda pode ser obtido contando o número de ondas na figura do enunciado; portanto:

$\frac{3\lambda}{2} = 0{,}5 \therefore \lambda = \frac{1}{3}\ \text{m}$

Então, a partir da equação fundamental da ondulatória, temos:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 40 = \frac{1}{3} \cdot f \therefore f = 120\ \text{Hz}$

9. Alternativa **c**. Do enunciado, sabemos que, para uma mesma diferença de caminho, a interferência é construtiva, o que comprova que a fonte emitiu ambas as ondas com a mesma fase. No entanto, aumentando-se gradativamente a diferença de caminho, obtém-se uma interferência destrutiva, isto é, a diferença de caminho (d) foi tal que as ondas estão defasadas por meio comprimento de onda. Portanto, em metro, temos:

$d = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \left[(0{,}4 + 0{,}4) - (0{,}3 + 0{,}3)\right] = \frac{\lambda}{2}$

$\therefore \lambda = 0{,}4\ \text{m}$

Assim, dada a velocidade de propagação da onda de $320\ \text{m s}^{-1}$, temos, a partir da equação fundamental da ondulatória:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 320 = 0{,}4 \cdot f \therefore f = 800\ \text{Hz}$

Reflexões sobre a ciência

1. **a)** Espera-se que os estudantes percebam que a pesquisa de intenção de voto é uma pesquisa de campo com método e rigor, possibilitando a representatividade dos eleitores de um país.

b) As conclusões das pesquisas de intenção de voto são provenientes da extrapolação dos dados coletados nas entrevistas, pois, com base nas intenções de voto de uma amostra da população, conclui-se a intenção de voto de todos os eleitores do país. Ou seja, com base em dados particulares, induz-se a uma conclusão, que será uma generalização. Trechos do texto que podem ser usados para justificar as respostas: "Geralmente, [as pesquisas de intenção de voto] envolvem entrevistas a algumas centenas de pessoas."; "Os números podem parecer pequenos, diante do universo eleitoral brasileiro de quase 143 milhões de pessoas [em 2014], mas os institutos de pesquisa garantem que são suficientes para representar os eleitores do país".

c) Espera-se que os estudantes percebam a importância da adoção de critérios para selecionar amostras da população que representem as diversidades presentes no país. Dessa forma, eles serão capazes de compreender como amostras enviesadas, ou seja, que priorizem parcelas da população em detrimento de outras, podem gerar uma conclusão distante da realidade, mas com possibilidades de influenciar eleitores indecisos, por exemplo.

2. **a)** Espera-se que os estudantes indiquem a pesquisa de campo como o procedimento adotado pela OMS, devido ao fato de que o trabalho em questão demandou observação de amplo grupo

MODERNA

de crianças do sexo masculino de determinada faixa etária, portanto com grande abrangência.

b) Espera-se que os estudantes respondam 101 cm. Essa resposta é facilmente observada por meio da interpolação dos dados do gráfico. Ao discutir essa resposta com a turma, pode-se analisar a etimologia da palavra "interpolar" (entre os polos), ressaltando que há dois extremos no conjunto de dados e que as deduções são feitas exclusivamente dentro desse conjunto.

c) Espera-se que os estudantes respondam que, para esta questão, há várias respostas possíveis, como valor aproximado de 111 cm. Se julgar conveniente, eles podem ser orientados a calcular a taxa média de crescimento, em cm/mês, para chegar à resposta de, aproximadamente, 111,5 cm. É importante ressaltar que esses procedimentos de extrapolação só são possíveis porque o enunciado parte da premissa de que a taxa de crescimento permanece constante após os 5 anos, e isso torna as respostas corretas e prováveis, mas não necessariamente verdadeiras, uma vez que a análise foi feita além dos extremos do conjunto de dados.

3. Resposta variável. Espera-se que os estudantes, após a leitura do texto, verifiquem a lista inicial e complementem-na com informações que eram desconhecidas, indicando e compartilhando com a turma os tipos de pesquisa e o modo como cada uma delas pode levar a interpretações e explicações de dados. Em seguida, frente à situação-problema escolhida, espera-se que os estudantes elejam um dos tipos de pesquisa e esquematizem como procederiam na busca por resoluções e/ou novas compreensões. Embora a escolha seja livre e dependente da natureza da situação-problema, é importante estar atento à correspondência entre o tipo de pesquisa, a forma como será empregado e a maneira como as conclusões serão feitas.

Pensamento crítico e argumentação

1. a) A afirmação é falseável, porque, se apenas uma criança até os 9 anos de idade não for suscetível aos efeitos da publicidade, essa afirmação vai se tornar falsa.

b) A afirmação pode ser verdadeira ou falsa, pois não é possível identificar a falseabilidade, uma vez que não temos como provar o que está sendo dito. Boas teorias/explicações/hipóteses científicas devem ser testáveis de alguma maneira.

c) Nessa afirmação, não é possível identificar a falseabilidade, porque, se as forças são invisíveis, não há como as identificar nem verificar a interferência delas no consumo. Mesmo que a afirmação seja falsa, não temos como provar isso.

2. a) No estudo A, concluiu-se que a decisão pela compra ou não de algum item envolve a ativação de várias regiões do cérebro que estão ligadas à sensação de recompensa. Já no estudo B, concluiu-se que os comerciais de alimentos interferem no processamento neural das sugestões de alimentos em crianças entre 7 e 9 anos de idade, alterando a tomada de decisão por elas.

b) Sim, em ambos os estudos a replicabilidade está presente. Tanto no estudo A como no estudo B, estão mencionados detalhes metodológicos que possibilitam que a comunidade científica replique o que foi feito. Os trechos que justificam isso no estudo A são: "examinou com um aparelho de ressonância magnética funcional a atividade cerebral de 26 pessoas que faziam compras virtuais" e "a compra de um produto desejado ativa uma região do cérebro chamada núcleo *accumbens*, ligada à sensação de recompensa" (trecho que indica qual foi o dado considerado). Já no estudo B, os trechos que justificam a replicabilidade são: "41 crianças, entre 7 e 9 anos de idade, divididas em saudáveis e com sobrepeso, que foram acompanhadas durante cinco refeições", "O cérebro das crianças foi mapeado por ressonância magnética funcional enquanto elas visualizavam as imagens dos comerciais. Os dados foram analisados por modelagem e os resultados foram comparados entre os diferentes perfis de crianças, conforme os tratamentos" e "Com a replicação do estudo com um maior número de crianças, esses resultados poderiam ajudar a explicar por que algumas crianças [...]".

c) Sim, em ambos os estudos a falseabilidade está presente. No estudo A, isso pode ser notado quando se menciona que a decisão de consumir é simples. Segundo critérios estabelecidos pela comunidade científica, essa alegação do estudo pode ser considerada falseável, pois a decisão de consumir algo envolve a ativação de várias regiões do cérebro. No estudo B, a falseabilidade é observada no trecho em que se menciona que os comerciais de alimentos não interferem na tomada de decisão de nenhum dos grupos de crianças. Essa alegação do estudo pode ser considerada falseável, porque, se apenas uma criança for influenciada por comercial de alimento, essa afirmação vai se tornar falsa.

d) Ambos os estudos atendem aos dois critérios apontados como importantes em um estudo científico que usa o método hipotético dedutivo, a falseabilidade e a replicabilidade. Segundo esses critérios, os estudos podem ser considerados satisfatórios. É válido observar, entretanto, que os resumos diferem quanto ao nível de detalhamento metodológico, sendo o B mais detalhado que o A. Essa pode ser outra forma de aferir a qualidade dos trabalhos. Isso é importante porque o detalhamento metodológico pode ter implicações nos dois critérios em questão.

3. a) Resposta variável. Espera-se que os estudantes elaborem um resumo que atenda aos itens exigidos na questão e mantenham a mesma estrutura dos resumos dos estudos apresentados na questão anterior. O problema a ser pesquisado (item i) é a própria pergunta, que pode ser mais bem contextualizada juntamente a uma frase introdutória teórica redigida pelos estudantes.

MODELO

A resposta esperada ou hipótese para a pergunta da pesquisa (item ii) fica a cargo da criatividade das duplas. Exemplos possíveis: a publicidade interfere no consumo; a publicidade aumenta o consumo; a publicidade não interfere no consumo etc. O desenho experimental (item iii) também fica a critério das duplas. Elas podem se inspirar nos resumos apresentados na questão 2, já que esse é um exercício teórico apenas, ou em outras estratégias para responder à pergunta, como inclusão de entrevistas, uso de questionários e observações de comportamento, por exemplo. Essa atividade é um bom momento para exercitar aspectos do pensamento computacional.

b) Para contemplar a replicabilidade, é necessário que o resumo apresente um detalhamento metodológico que leve em consideração o contexto teórico (item i). Já a falseabilidade pode ser apresentada em associação com a hipótese para que seja contemplada.

4. Espera-se que os estudantes incorporem conscientemente informações científicas que incluam os princípios estudados na Unidade.

Comunicação

Espera-se que os estudantes se organizem para a coleta e a análise de dados, bem como para a gravação do *podcast*, tendo em vista que o resultado final da atividade proposta será único e refletirá a atuação de todos da turma. Ao longo dessa atividade, os estudantes são incentivados a exercitar o protagonismo, buscando compreender os problemas de sua comunidade e propondo maneiras de atenuá-los, tanto de modo individual como cobrando o poder público, ou seja, será um agente de mudança.

MODERNA

SÔNIA LOPES

Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Licenciada em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo.
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Professora universitária aposentada.

SERGIO ROSSO

Licenciado em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor.

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE
Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos. Editora.

CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Energia e Consumo sustentável

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Elaboração de originais

Artur Guazzelli Leme Silva

Bacharel em Química Ambiental pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Bianca Trama Freitas

Licenciada em Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental pela Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades (SP). Mestra em Ciências (Programa de Pós-graduação em Biologia Química) pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Doutora em Ciências dos Materiais (área de Química dos Materiais) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (SP). Professora.

Carlos Mariz de Oliveira Teixeira

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Licenciado em Física pelo Instituto de Física e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Física pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Fabio Rizzo de Aguiar

Bacharel em Ciências com habilitação em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Licenciado pleno em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Doutor em Química pela Universidade do Porto revalidado pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Graciele Almeida de Oliveira

Bacharel em Química e doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área: Bioquímica) pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Pesquisadora e professora.

Ivo Bernardi de Freitas

Bacharel e licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestre em Química na área de Química Inorgânica pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Químico.

Joana Guilares de Aguiar

Bacharel e licenciada em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Juliana Maia

Licenciada em Química pela Universidade Estadual de Santa Cruz (BA). Licenciada em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Lina M. Almeida-Silva

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (BA). Doutora em Ciências (área de concentração: Zoologia) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Nathália Helena Azevedo

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Licenciada pelo Programa Especial de Formação Pedagógica em Biologia pelo Centro Universitário Claretiano – CEUCLAR (SP). Mestra em Ciências no programa: Ecologia (área de concentração: Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) pela Universidade de São Paulo (SP). Bióloga.

Oliveira-Junior, M. M.

Licenciado em Química pelos Instituto de Química e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Patrícia Araújo dos Santos

Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora e professora.

Rodrigo Uchida Ichikawa

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Rosana Louro Ferreira Silva

Licenciada em Ciências pela Faculdade de Ciências Exatas e Experimentais da Universidade Mackenzie (SP). Doutor em Educação (área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora universitária.

Tathyana Tumolo

Bacharel em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP). Licenciada em Química pela Universidade de Franca (SP). Pós-doutorada pelo Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Tatiana Tavares da Silva

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale da Paraíba (SP). Mestre em Ciências, no programa: Ensino de Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia), área de concentração: Ensino de Biologia, pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Educação, na área de concentração: Educação Científica, Matemática e Tecnológica, pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Vinicius Roggério da Rocha

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Meteorologia pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Edição de texto: Thalita B. C. Encarnação (Coordenação), Andreza C. Souza Silva, Artur Guazzelli Leme Silva, Carlos M. de Oliveira Teixeira, Carolina Rossi, Fabio Rizzo de Aguiar, Izabel Bueno, Jeferson Felix, Juliana Bardi, Juliana de Oliveira Maia, Livia Aceto, Luiz A. de Paula, Maiara Oliveira Soares, Marina M. de Brito, Marina Vieira Santos, Matheus C. Torres, Patrícia A. dos Santos, Pedro Magalhães, Rafaela W. Sobrinho, Rodrigo Uchida Ichikawa, Tathyana C. Tumolo, Tatiani A. G. Donato

Assessoria pedagógica: Daniela Ferrari

Preparação de texto: Fabiana Biscaro, Malvina Tomaz

Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Suporte administrativo editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: APIS Design, Bruno Tonel, Douglas Rodrigues José

Capa: APIS Design, Bruno Tonel

Foto: Arte computadorizada de um nanorobô hipotético capaz de interagir com células infectadas. Roger Harris/ Science Photo Library/ Fotoarena

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Eliazar Alves Cavalcante Junior, Adriana Santana, Clayton Renê Pires Soares

Editoração eletrônica: Teclas editorial

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Equipe Moderna, Adriana Bairrada, Nancy H. Dias, Viviane T. Mendes

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Márcia Mendonça

Coordenação de bureau: Rubens M. Rodrigues

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

Pré-impressão: Alexandre Petreca, Eliane Monteiro, 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)

Lopes, Sônia
Ciências da natureza : Lopes & Rosso / Sônia Lopes, Sergio Rosso ; editora responsável Maíra Rosa Carnevalle. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Conteúdo: Evolução e universo -- Energia e consumo sustentável -- Água, agricultura e uso da terra -- Poluição e movimento -- Corpo humano e vida saudável -- Mundo tecnológico e ciências aplicadas
Bibliografia.

1. Biologia (Ensino médio) 2. Física (Ensino médio) 3. Química (Ensino médio) I. Rosso, Sergio. II. Carnevalle, Maíra Rosa. III. Título.

20-36704 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

EDITORA 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

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

Apresentação

Conversando com você, *estudante*,

Estamos vivenciando um momento sem precedentes de integração mundial e de produção e fluxo de informação, promovidos principalmente pelo uso disseminado de tecnologias da comunicação. Nesse cenário, as contribuições das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ganham ainda mais importância, trazendo novos dados acerca dos fenômenos naturais e novas interpretações daquilo que já conhecíamos, desvendando fronteiras tecnológicas cada vez mais amplas.

Diante dessa realidade, almejamos uma educação de qualidade amplamente acessível a jovens como você, pautada em dados científicos e no desenvolvimento de senso crítico, fornecendo instrumentos para que você faça escolhas conscientes a fim de melhorar a sua qualidade de vida e a das demais pessoas. Afinal, entender a natureza nos possibilita adotar posturas mais adequadas diante dos enormes desafios do mundo atual.

Por meio desta coleção, vamos analisar como a Química, a Física e a Biologia e suas tecnologias estão integradas na resolução de problemas reais. Nosso objetivo é que você encontre o estímulo para despertar seu olhar para a natureza de modo crítico, analítico, ético e responsável. Para isso, selecionamos temáticas atuais e relevantes que serão abordadas à luz dessas ciências ao longo de cada uma das unidades. Com essas escolhas, procuramos valorizar o desenvolvimento de competências e habilidades fundamentais para sua formação como indivíduo e cidadão de um mundo em constante transformação.

Assim, convidamos você a desfrutar do prazer de abrir os olhos e desvendar a beleza que é entender a natureza e fazer parte dela.

Com carinho,

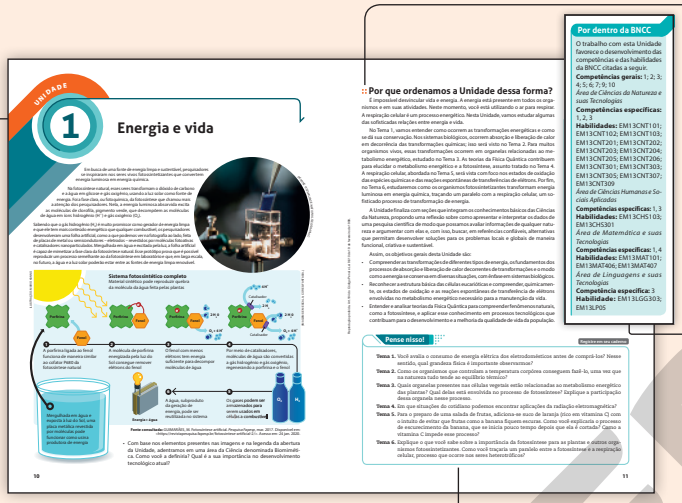
Os *Autores*.

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

MODERNA

Conheça seu livro

Esta obra está dividida em Unidades que abrangem diferentes tópicos e seções. Veja e entenda, a seguir, a estrutura do seu livro e o propósito de cada parte dele.



Abertura de Unidade

Imagens e texto convidam você a conhecer uma problemática atual e interdisciplinar que servirá de desencadeador de ideias a serem trabalhadas na Unidade.

Pense nisso!

Questões que ajudam a estabelecer relações entre o que você já sabe e o que será estudado.

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

Apresenta os conteúdos de cada componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias trabalhados na Unidade, evidenciando as relações entre eles e a temática da Unidade, bem como os objetivos de aprendizagem pretendidos.

Por dentro da BNCC

Relação das competências gerais e das habilidades definidas na BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e outras áreas do conhecimento que foram mobilizadas na Unidade e em cada um dos Temas e das seções.

Tema

Cada Unidade é dividida em um número variável de Temas, nos quais os conteúdos foram selecionados e organizados para possibilitar sua compreensão e atuação sobre a problemática apresentada na abertura da Unidade.

Termos e conceitos

Os termos e os conceitos importantes estão destacados em negrito no texto.

Videotutorial

- Assista ao videotutorial com orientações sobre o volume.

Os videotutoriais apresentam informações sobre o volume.

O **Boxe +** é composto de informações complementares, principalmente das concernentes a aspectos das culturas tradicionais, como as indígenas e as quilombolas.

O **Bloco de notas** traz as definições de grandezas e suas unidades de medida, além de valores de referência diversos.

Fique por dentro

Química geral em quadrinhos
GONICK, L.; CRIDDLE, C. Tradução: Henrique E. Toma. São Paulo: Blucher, 2013.

No capítulo 5, a obra trata de forma lúdica dos assuntos trabalhados neste Tema.

Fique por dentro

Sugestões comentadas de recursos complementares que vão ajudar você a ampliar seus conhecimentos e se aprofundar nos conteúdos abordados no Tema.

MODERNA

Prática investigativa

Prática investigativa

Propostas de atividades para você investigar situações, construir modelos, interpretar resultados e até planejar os próprios experimentos, considerando a segurança e o descarte ambientalmente correto dos resíduos.

Atividades

Atividades

Uma seleção de atividades – a maioria desenvolvida especialmente para este livro, mas incluindo também questões de vestibulares de todo o país – ajuda a revisar, aplicar, aprofundar e até expandir os conceitos estudados no Tema.

Reflita sobre seu aprendizado!

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

Reflita sobre seu aprendizado

Momento de identificar as compreensões alcançadas por você e os aspectos de cada Tema que ainda precisam ser mais bem trabalhados.

Reflexões sobre a ciência

Reflexões sobre a ciência

Seção destinada a abordar aspectos da natureza da ciência e dos procedimentos científicos, desenvolvendo também a leitura inferencial.

Pensamento crítico e argumentação

Pensamento crítico e argumentação

Com diferentes propostas de análise de situações cotidianas, esta seção ajuda você a desenvolver o senso crítico e a argumentação – habilidades características da prática científica tão necessárias no contexto atual das *fake news*.

Valores e atitudes

Valores e atitudes

Atividades contextualizadas que ajudam você a refletir, à luz dos novos conhecimentos construídos, acerca de suas atitudes diante de diversas situações, propondo intervenções pessoais e mudanças de postura.

Comunicação

Comunicação

Propostas de atividades em grupo que ajudarão você a desenvolver a criatividade, a atitude cidadã e as habilidades de comunicação e trabalho em equipe. Nelas, você produzirá material relevante ao seu contexto local, com base nos conhecimentos construídos ao longo da Unidade, e o divulgará para a comunidade por meio de tecnologias de informação e comunicação (TICs).

Revise e amplie!

Revise e amplie!

É o momento para você refletir sobre seu aprendizado, reconhecer conceitos da Unidade que ainda precisam ser mais bem trabalhados, além de buscar aprofundar a aprendizagem sobre a temática, identificando novos aspectos a serem estudados.

Este ícone indica momentos propícios para você retomar o infográfico ***Segurança no laboratório***, presente no início de cada volume.

MODERNA

Sumário

UNIDADE 1

Energia e vida 10

Tema 1 **Trabalho e energia** 12

Princípio da conservação de energia 12
Trabalho e energia 12
Trabalho 12
Trabalho realizado por uma força constante 12
Gráfico da força por deslocamento 13
Trabalho da força peso 14
Trabalho da força elástica 16
Potência 16
Rendimento 17
Energia 17
Energia cinética e o teorema trabalho-energia cinética 17
Energia potencial 18
Energia potencial gravitacional 19
Energia potencial elástica 19
Energia mecânica 19
Conservação da energia mecânica 20
Energia térmica, calor e energia química 21
Experimento de James Prescott Joule 22
Energia química 22
Atividades 23

Tema 2 **Termoquímica** 25

Processos endotérmicos e exotérmicos 25
A medida do calor envolvido nas transformações 25
Entalpia 27
Variação de entalpia nas reações químicas 27
Lei de Hess e entalpia-padrão 29
Combinando reações 29
Entalpia-padrão 30
Aplicações das entalpias-padrão e lei de Hess 31
Energia de ligação 32
Entalpia de ligação 32
Aplicações da entalpia de ligação 33
Correlações com o metabolismo 34
Atividades 35

Tema 3 **Citologia** 37

Membrana plasmática 39
Transporte através da membrana plasmática 40
Atividades 44

Tema 4 **Elementos de Física Quântica** 46

A catástrofe do ultravioleta 46
Hipótese quântica de Planck 47
Efeito fotoelétrico 48
Foto-oxidação 49
Dualidade onda-partícula 50
Princípio da incerteza 51
Modelo de Bohr 51
Atividades 53

Tema 5 **Oxirredução** 55

Número de oxidação 55
Eletronegatividade e a determinação do Nox 56
Balanceamento das equações químicas de oxirredução 57
Reatividade das espécies químicas e espontaneidade das reações 58
Diferença de potencial e o conceito de potencial padrão 59
Prática investigativa – Agentes oxidantes e redutores na produção de corrente elétrica 59
Atividades 62

Tema 6 **Metabolismo energético** 64

Fotossíntese oxígena 64
Luz e pigmentos 65
As etapas da fotossíntese 66
Fermentação 69
Respiração celular aeróbia 70
Rendimento da respiração 71
Atividades 71
Reflexões sobre a ciência 74
Pensamento crítico e argumentação 76
Valores e atitudes 78
Revise e amplie! 79

UNIDADE 2

Desenvolvimento sustentável 80

Tema 1 **Consumo e ambiente** 82

Equilíbrio ambiental 82

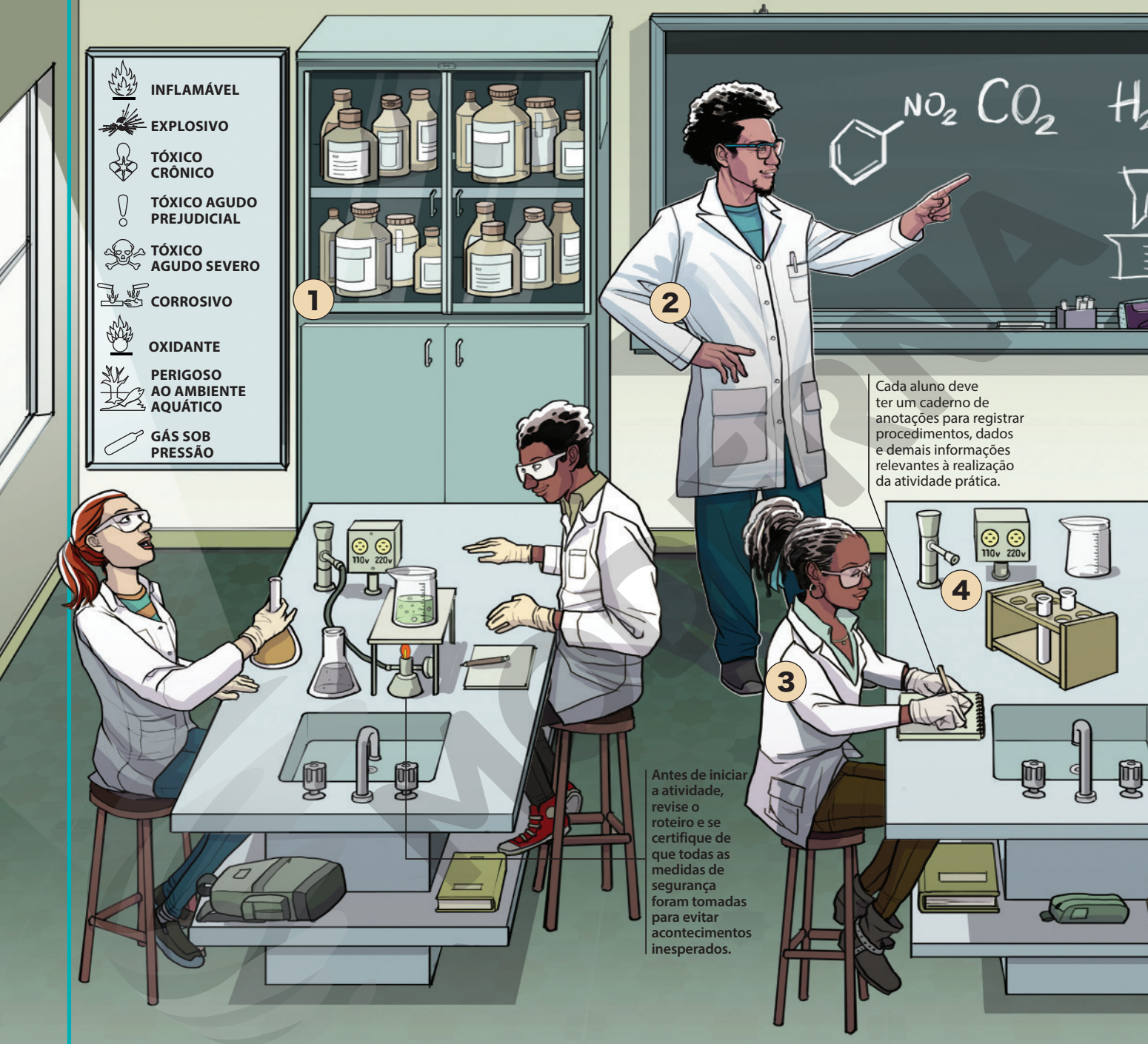
MODERNA

Alterações bióticas nos ecossistemas 83
Espécies invasoras 83
Extinção de espécies 84
Alterações abióticas nos ecossistemas 85
Poluição sonora 85
Poluição térmica 86
Poluição por elementos radioativos 86
Poluição pelo lixo 86
Poluição por substâncias não biodegradáveis e bioacumulação 89
Poluição por derramamento de petróleo 91
Boxe + ... 91
Pegada ecológica e biocapacidade 92
Desenvolvimento sustentável 93
Conservação biológica 96
Unidades de conservação 97
Atividades 98
Tema 2 Materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis 101
Biocombustíveis 101
Etanol, um biocombustível da classe dos álcoois 102
Reconhecendo os álcoois 102
Biodiesel, um biocombustível da classe dos ésteres 106
Reconhecendo os ésteres 108
Boxe + ... 109
Polímeros sintéticos 109
Polímeros verdes 110
Biodegradação e reciclagem 111
Atividades 113
Tema 3 Pilhas e baterias comerciais 115
Pilha de Daniell 115
Representação esquemática para uma pilha 117
Diferença de potencial e espontaneidade de reações 117
Pilhas e baterias primárias 117
Pilha seca (pilha comum) 117
Pilha alcalina 118
Pilhas e baterias secundárias 118
Bateria de chumbo-óxido de chumbo(IV) 118
Baterias de níquel-cádmio (NiCd) e níquel-hidreto metálico (NiMH) 119
Baterias de íon-lítio 120
A recarga de pilhas e baterias 120
Durabilidade e descarte de pilhas e baterias 120
Atividades 121
Tema 4 Ondulatória 123
Pêndulo simples 123
O sistema massa-mola 124
Propagação de um pulso 125
Características de uma onda 126
Tipos de interferência 127
Ondas bidimensionais e frentes de onda 128
Princípio de Huygens 129
Difração 129
Refração 130
Reflexão 131
Polarização de ondas 131
Interferência em ondas bidimensionais 132
Atividades 132
Tema 5 Acústica 134
Ondas sonoras 134
Velocidade do som 135
Intensidade sonora, altura e timbre 135
Audição 136
Reflexão, refração e difração de ondas sonoras 137
Batimento 138
Efeito Doppler 138
Prática investigativa – O efeito Doppler em ondas sonoras 139
Instrumentos musicais 140
Ressonância 141
Instrumentos de corda 141
Instrumentos de sopro 142
Tubos sonoros fechados 143
Tubos sonoros abertos 143
Atividades 144
Reflexões sobre a ciência 145
Pensamento crítico e argumentação 147
Comunicação 149
Revise e amplie! 149
Tabela periódica 150
Tabelas para consulta 151
Respostas 152
Por dentro da BNCC 153
Bibliografia 157

MODERNA

Segurança no laboratório

Seja no laboratório, seja na sala de aula, qualquer atividade prática deve ser realizada respeitando as normas básicas de segurança.



1 Armário de reagentes
É fundamental verificar os símbolos e as informações presentes nos rótulos dos frascos de reagentes e nas fichas de informações de segurança (FISPQ) que devem acompanhar os produtos químicos.

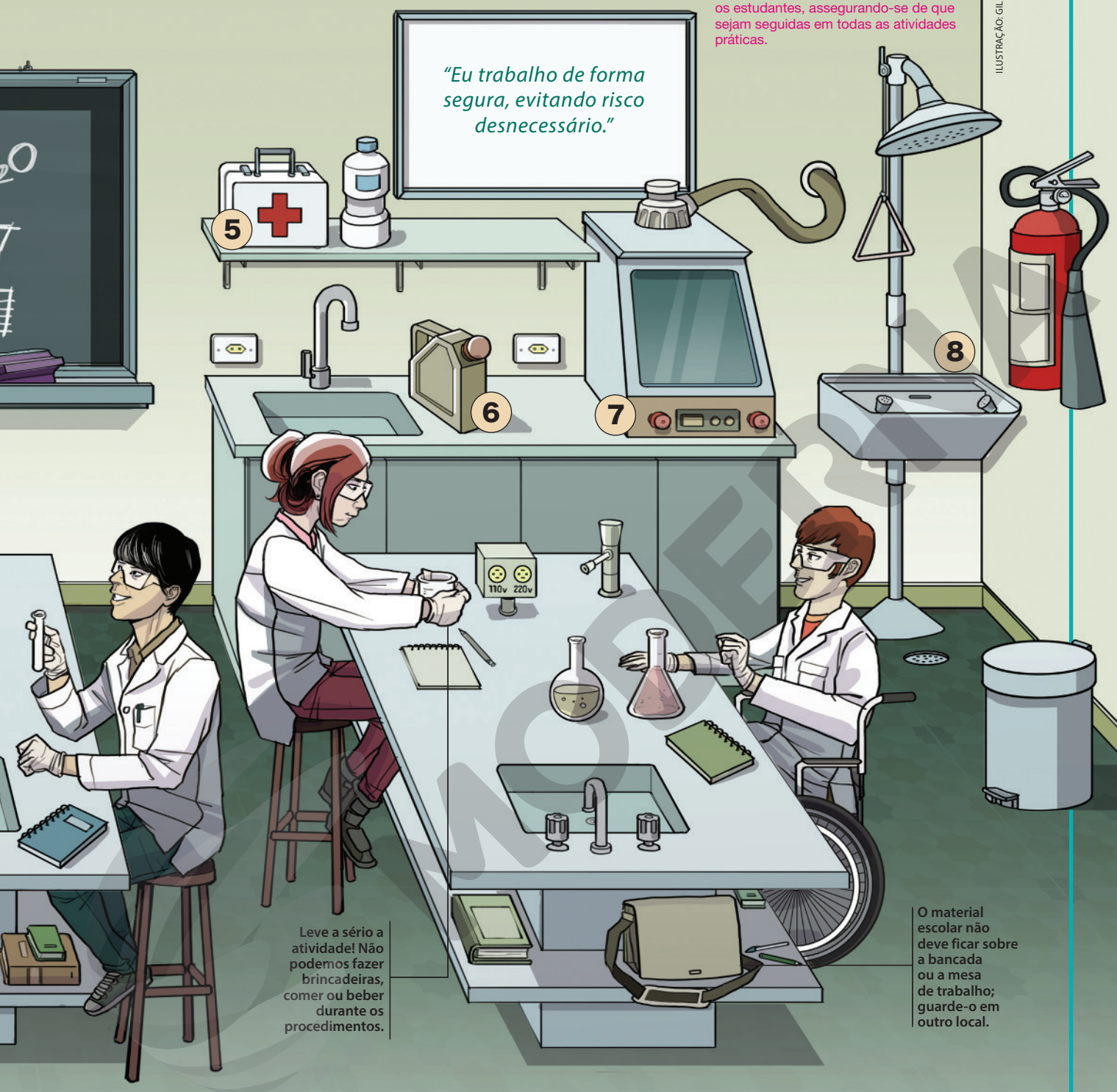
2 O que fazer?
Devemos prestar muita atenção às explicações do professor antes de iniciar uma atividade prática. Se mesmo assim houver dúvidas ou acontecer algum imprevisto, comunique-o imediatamente.

3 Proteja-se
O uso de roupas e equipamentos de proteção adequados é obrigatório durante a atividade prática. Devemos usar calças compridas, calçados fechados, avental, óculos de proteção e, em alguns casos, luvas. Cabelos longos devem ser presos.

4 Fonte de gás e de eletricidade
Verifique a voltagem de equipamentos elétricos antes de ligá-los e não manipule substâncias inflamáveis próximo de chamas. Ao final, certifique-se de ter desligado os aparelhos e fechado as saídas de gás.

Consulte as orientações de segurança detalhadas na seção *Segurança nas atividades práticas* do **Suplemento para o Professor** e divulgue-as para os estudantes, assegurando-se de que sejam seguidas em todas as atividades práticas.

ILUSTRAÇÃO: GIL TOKIO



5 Primeiros socorros
Em caso de acidente, comunique ao professor imediatamente. As substâncias envolvidas deverão ser informadas para orientar o socorro. Lembre-se dos telefones de emergência: 192 (Samu) e 193 (Corpo de Bombeiros).

6 Descarte de resíduos
Alguns resíduos gerados durante as atividades devem ser tratados antes de serem descartados ou lançados à rede de esgoto. Esses resíduos devem ser separados em recipientes adequados para posterior tratamento.

7 Capela de exaustão
Esse equipamento de proteção coletiva é usado para manipular as substâncias tóxicas e as reações químicas que podem liberar gases ou vapores tóxicos. O sistema de exaustão impede a passagem desses vapores para o interior do laboratório.

8 Lava-olhos e chuveiro
Esse equipamento de proteção coletiva deve ser utilizado se produtos químicos entrarem em contato com os olhos ou com o corpo. Sob orientação do professor, lave o local atingido com água em abundância.

MODELO

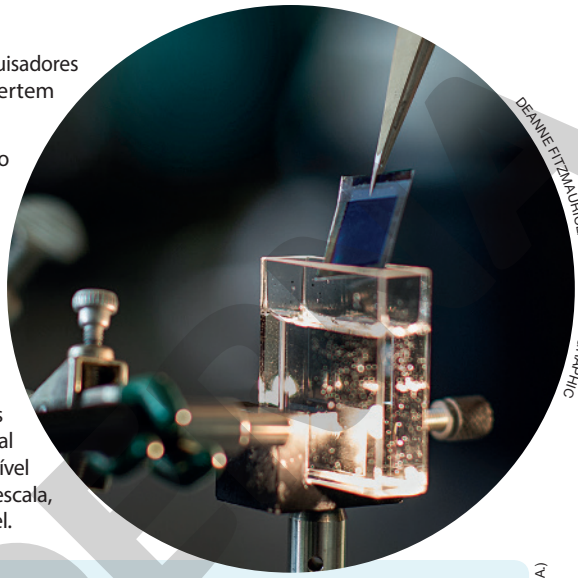
UNIDADE 1

Energia e vida

Em busca de uma fonte de energia limpa e sustentável, pesquisadores se inspiraram nos seres vivos fotossintetizantes que convertem energia luminosa em energia química.

Na fotossíntese natural, esses seres transformam o dióxido de carbono e a água em glicose e gás oxigênio, usando a luz solar como fonte de energia. Foi a fase clara, ou fotoquímica, da fotossíntese que chamou mais a atenção dos pesquisadores. Nela, a energia luminosa absorvida excita as moléculas de clorofila, pigmento verde, que decompõem as moléculas de água em íons hidrogênio (H^+) e gás oxigênio (O_2).

Sabendo que o gás hidrogênio (H_2) é muito promissor como gerador de energia limpa e que ele tem mais conteúdo energético que qualquer combustível, os pesquisadores desenvolveram uma folha artificial, como a que podemos ver na fotografia ao lado, feita de placas de metal ou semicondutores – eletrodos – revestidos por moléculas fotoativas e catalisadores nanoparticulados. Mergulhada em água e excitada pela luz, a folha artificial é capaz de mimetizar a fase clara da fotossíntese natural. Esse protótipo prova que é possível reproduzir um processo semelhante ao da fotossíntese em laboratório e que, em larga escala, no futuro, a água e a luz solar poderão estar entre as fontes de energia limpa renovável.

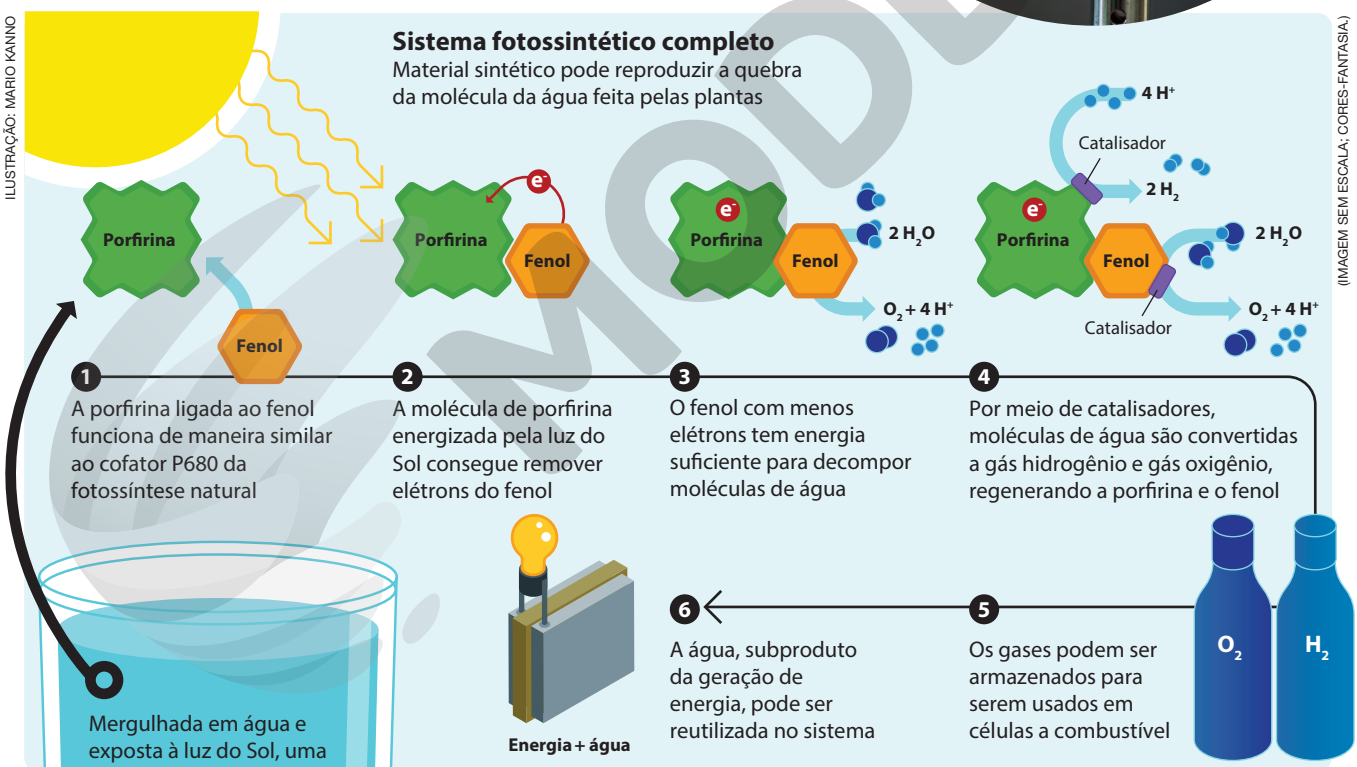


DEANNE FITZMAURICE/NATIONAL GEOGRAPHIC

ILUSTRAÇÃO: MARIO KANNO

Sistema fotossintético completo

Material sintético pode reproduzir a quebra da molécula da água feita pelas plantas



(IMAGEM SEM ESCALA; CORES-FANTASIA.)

Fonte consultada: GUIMARÃES, M. Fotossíntese artificial. *Pesquisa Fapesp*, mar. 2017. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/fotossintese-artificial-2/>. Acesso em: 24 jan. 2020.

- Com base nos elementos presentes nas imagens e na legenda da abertura da Unidade, adentramos em uma área da Ciência denominada Biomimética. Como você a definiria? Qual é a sua importância no desenvolvimento tecnológico atual?

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

É impossível desvincular vida e energia. A energia está presente em todos os organismos e em suas atividades. Neste momento, você está utilizando o ar para respirar. A respiração celular é um processo energético. Nesta Unidade, vamos estudar algumas das sofisticadas relações entre energia e vida.

No Tema 1, vamos entender como ocorrem as transformações energéticas e como se dá sua conservação. Nos sistemas biológicos, ocorrem absorção e liberação de calor em decorrência das transformações químicas; isso será visto no Tema 2. Para muitos organismos vivos, essas transformações ocorrem em organelas relacionadas ao metabolismo energético, estudado no Tema 3. As teorias da Física Quântica contribuem para elucidar o metabolismo energético e a fotossíntese, assunto tratado no Tema 4. A respiração celular, abordada no Tema 5, será vista com foco nos estados de oxidação das espécies químicas e das reações espontâneas de transferências de elétrons. Por fim, no Tema 6, estudaremos como os organismos fotossintetizantes transformam energia luminosa em energia química, traçando um paralelo com a respiração celular, um sofisticado processo de transformação de energia.

A Unidade finaliza com seções que integram os conhecimentos básicos das Ciências da Natureza, propondo uma reflexão sobre como apresentar e interpretar os dados de uma pesquisa científica de modo que possamos avaliar informações de qualquer natureza e argumentar com elas e, com isso, buscar, em referências confiáveis, alternativas que permitam desenvolver soluções para os problemas locais e globais de maneira funcional, criativa e sustentável.

Assim, os objetivos gerais desta Unidade são:

- Compreender as transformações de diferentes tipos de energia, os fundamentos dos processos de absorção e liberação de calor decorrentes de transformações e o modo como a energia se conserva em diversas situações, com ênfase em sistemas biológicos.
- Reconhecer a estrutura básica das células eucarióticas e compreender, quimicamente, os estados de oxidação e as reações espontâneas de transferência de elétrons envolvidas no metabolismo energético necessário para a manutenção da vida.
- Entender e analisar teorias da Física Quântica para compreender fenômenos naturais, como a fotossíntese, e aplicar esse conhecimento em processos tecnológicos que contribuam para o desenvolvimento e a melhoria da qualidade de vida da população.

Por dentro da BNCC

O trabalho com esta Unidade favorece o desenvolvimento das competências e das habilidades da BNCC citadas a seguir.

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 6; 7; 10

Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competências específicas: 1, 2, 3

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT102; EM13CNT103; EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT204; EM13CNT205; EM13CNT206; EM13CNT301; EM13CNT303; EM13CNT305; EM13CNT307; EM13CNT309

Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Competências específicas: 1, 3

Habilidades: EM13CHS103; EM13CHS301

Área de Matemática e suas Tecnologias

Competências específicas: 1, 4

Habilidades: EM13MAT101; EM13MAT406; EM13MAT407

Área de Linguagens e suas Tecnologias

Competência específica: 3

Habilidades: EM13LGG303; EM13LP05

Pense nisso!

Registre em seu caderno

Tema 1. Você avalia o consumo de energia elétrica dos eletrodomésticos antes de comprá-los? Nesse sentido, qual grandeza física é importante observarmos?

Tema 2. Como os organismos que controlam a temperatura corpórea conseguem fazê-lo, uma vez que na natureza tudo tende ao equilíbrio térmico?

Tema 3. Quais organelas presentes nas células vegetais estão relacionadas ao metabolismo energético das plantas? Qual delas está envolvida no processo de fotossíntese? Explique a participação dessa organela nesse processo.

Tema 4. Em que situações do cotidiano podemos encontrar aplicações da radiação eletromagnética?

Tema 5. Para o preparo de uma salada de frutas, adiciona-se suco de laranja (rico em vitamina C) com o intuito de evitar que frutas como a banana fiquem escuras. Como você explicaria o processo de escurecimento da banana, que se inicia pouco tempo depois que ela é cortada? Como a vitamina C impede esse processo?

Tema 6. Explique o que você sabe sobre a importância da fotossíntese para as plantas e outros organismos fotossintetizantes. Como você traçaria um paralelo entre a fotossíntese e a respiração celular, processo que ocorre nos seres heterótrofos?

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

MODELO

TEMA 1

Trabalho e energia

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT204; EM13CNT301

Princípio da conservação de energia

Quanto mais intensas forem as atividades necessárias à sobrevivência, maior será a necessidade energética, seja para uma planta, seja para os animais, seja para os seres humanos. As plantas obtêm energia por meio da luz solar; já os animais, incluindo os seres humanos, a obtêm dos alimentos que consomem. Mas será que toda a energia obtida por meio do Sol e dos alimentos é aproveitada? O que acontece com a energia não aproveitada?

Em um sistema isolado, isto é, que não interage com outros sistemas, não há troca de energia, todas as formas de energia são transformadas em outras. Para fazer uma vitamina de frutas ou um molho com vegetais, geralmente utilizamos um liquidificador ou um *mixer*. Ao ligá-lo, parte da energia elétrica utilizada para fazê-lo funcionar é dissipada em forma de calor, aquecendo tanto o corpo do eletrodoméstico quanto o ar, transformando-se em energia térmica.

Sabendo que a energia se transforma, podemos enunciar o **princípio da conservação da energia**:

A energia não pode ser criada nem destruída. Ela apenas se transforma em outro tipo de energia.

Quando a energia está associada ao movimento, ela é denominada **energia mecânica**. Por exemplo, uma criança no alto de um escorregador armazena um tipo de energia mecânica chamada de energia potencial gravitacional; quando a criança escorrega, essa energia é transformada em energia cinética.

No decorrer deste Tema, estudaremos com detalhes os tipos de energia mecânica e as aplicações do princípio da conservação de energia.

Trabalho e energia

A ideia de trabalho pode estar relacionada à atividade produtiva ou criativa, remunerada ou não, mas também pode ser associada à ideia de força aplicada sobre um corpo com o objetivo de movê-lo. O conceito de trabalho está intimamente ligado ao conceito de energia, uma das ideias fundamentais e mais importantes da Física.

O conceito de energia é absolutamente abstrato, porém sabemos que, apesar de se apresentar de diversas formas, a **energia** é uma grandeza física que **pode ser conservada**, como vimos anteriormente. Isto é, ela pode ser transformada de uma forma em outra, mas, na sua totalidade, continua mantida.

Trabalho

Para realizar tarefas do dia a dia, como mover uma mesa de um lado para o outro da sala, devemos aplicar uma força sobre essa mesa utilizando a energia armazenada no nosso corpo. Do mesmo modo, um atleta em uma prova de halterofilismo (**Fig. 1.1**) precisa aplicar uma força para conseguir levantar os halteres; quanto maior for a massa dos halteres e a altura a que se pretende levantá-los, maior deverá ser a energia despendida pelo atleta.

JUNI KRISWANTO/AFP/GETTY IMAGES

Figura 1.1 A força exercida por um halterofilista para levantar os pesos realiza trabalho quando o peso é elevado.

Nesse sentido, definimos a grandeza denominada **trabalho** ($\mathcal{T}$) como a quantidade de energia mecânica transformada e/ou transferida durante um movimento. Nos casos em que uma força é aplicada sem que haja deslocamento, não há realização de trabalho, ou seja, não há transferência de energia mecânica, como veremos a seguir.

Trabalho realizado por uma força constante

Quando você aplica uma força neste livro e o retira de sua posição inicial ou quando ergue sua mochila do chão

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

MODERNA

para colocá-la nas costas ou, ainda, quando puxa uma cadeira, a força para deslocar o objeto em questão realiza trabalho ($\mathcal{C}$) (**Fig. 1.2**).

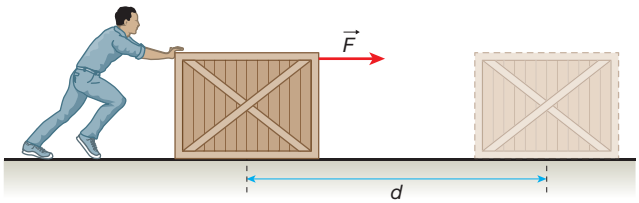


Figura 1.2 Exemplo de realização de trabalho ao deslocar uma caixa.

O trabalho realizado por uma força constante que tem a mesma direção do deslocamento é definido da seguinte forma:

$$\mathcal{C} = F \cdot d$$

Em que $\mathcal{C}$ é uma **grandeza escalar** que resulta do produto da intensidade da força (F) pelo módulo do deslocamento (d). Note que, se não há deslocamento, não há trabalho.

Se a força não tem a mesma direção do deslocamento, apenas a componente da força na direção do deslocamento realiza trabalho, como mostra a **Figura 1.3**. Como a componente da força $\vec{F}$ na direção do deslocamento pode ser calculada por $F_x = F \cdot \cos\theta$, o trabalho de uma força $\vec{F}$ que forma um ângulo θ em relação à direção do deslocamento vale:

$$\mathcal{C} = F \cdot d \cdot \cos\theta$$

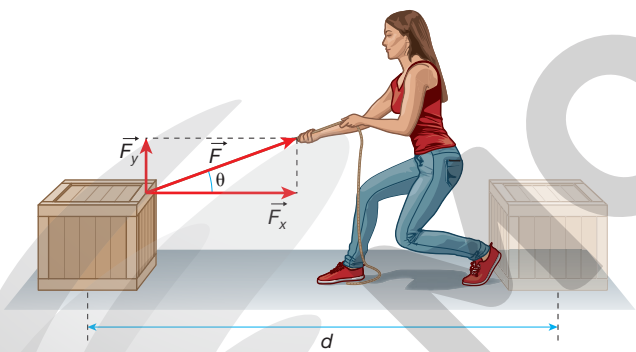


Figura 1.3 Exemplo de uma força $\vec{F}$ constante aplicada em um ângulo θ em relação à direção de deslocamento.

O trabalho realizado por uma força que tem o mesmo sentido do deslocamento do corpo é positivo, e é chamado de **trabalho motor**. E o trabalho realizado por uma força que tem sentido oposto ao deslocamento do corpo é negativo e denominado **trabalho resistente**. Note que o trabalho é nulo se a força aplicada for perpendicular à direção de deslocamento, já que $\cos 90° = 0$.

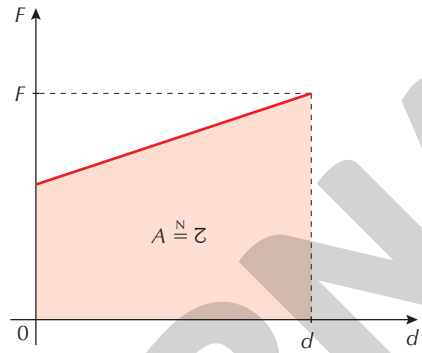
No Sistema Internacional de Unidades (SI), o trabalho é medido em joule (J). Um joule equivale ao trabalho realizado por uma força de um newton (N) aplicada a uma distância de um metro na direção e no sentido da força, ou seja:

$$1\ \text{J} = 1\ \text{N} \cdot 1\ \text{m} = 1\ \text{N m}$$

Gráfico da força por deslocamento

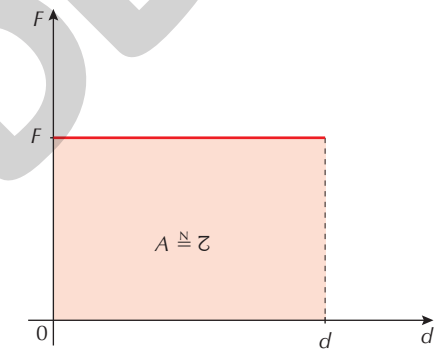
A expressão para o cálculo do trabalho apresentada anteriormente vale para uma força ($\vec{F}$) constante, ou seja, com intensidade (F), direção e sentido constantes. Nos casos em que a força $\vec{F}$ varia, o trabalho pode ser determinado por um gráfico de F em função de d ($F \times d$), como o exemplo mostrado no gráfico da **Figura 1.4**.

Figura 1.4 Gráfico de $F \times d$



O gráfico de $F \times d$ também pode ser usado para calcular o trabalho realizado por uma força ($\vec{F}$) constante, conforme o exemplo mostrado no gráfico da **Figura 1.5**.

Figura 1.5 Gráfico de $F \times d$



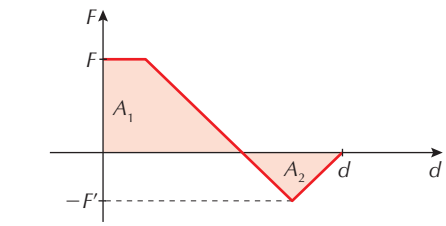
Analisando os gráficos, podemos concluir que a área abaixo da curva é numericamente igual ao trabalho realizado pela força:

$$A \overset{N}{=} \mathcal{C}$$

Quando a força $\vec{F}$ varia, conforme mostra a **Figura 1.6**, em A_1 o trabalho tem valor positivo e em A_2 o trabalho tem valor negativo. Logo:

$$\mathcal{C}_{total} = A_1 + A_2$$

Figura 1.6 Gráfico de $F \times d$



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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

Dessa forma, podemos determinar o trabalho realizado por forças variáveis se soubermos como elas se comportam ao longo do processo, ou seja, como a força $\vec{F}$ varia com o deslocamento *d*.

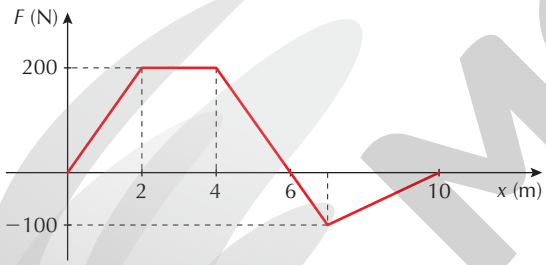
WAVEBREAKMEDIA/SHUTTERSTOCK

Figura 1.7 Funcionário empurrando um carrinho de transporte de carga.

Considere que o funcionário de uma fábrica empurra um carrinho de transporte de carga (**Fig. 1.7**) com uma força variável, de acordo com o gráfico mostrado na **Figura 1.8**. Ao longo de 6 m, o carrinho é empurrado no sentido do deslocamento. Depois, ele é empurrado no sentido contrário – no gráfico isso é indicado com os valores negativos de *F* ao longo do deslocamento.

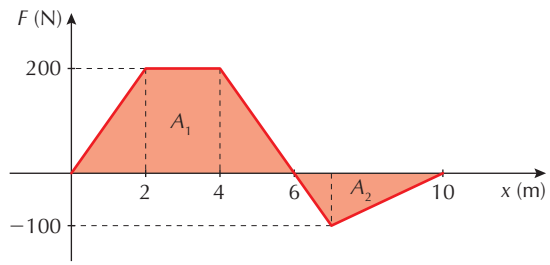
Determine o trabalho realizado pela força para deslocar o carrinho da posição $x = 0$ até $x = 10$ m.

Figura 1.8 Gráfico de $F \times d$ do carrinho



Considerando o deslocamento de $x = 0$ até $x = 10$ m, podemos ver na **Figura 1.9** que o trabalho corresponde à área A_1 mais a área A_2.

Figura 1.9 Gráfico de $F \times d$ do carrinho com as áreas destacadas



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

A área A_1 é igual à área de um trapézio, e a área A_2 é igual à área de um triângulo. Logo:

$$A_1 = \frac{(B+b) \cdot h}{2}$$

$$A_2 = \frac{b \cdot h}{2}$$

Como $A \overset{N}{=} \mathcal{T}$, temos:

$$\mathcal{T}_1 = \frac{(6\text{ m} + 2\text{ m}) \cdot 200\text{ N}}{2} \therefore \mathcal{T}_1 = 800\text{ N m}$$

ou $\mathcal{T}_1 = 800$ J

$$\mathcal{T}_2 = \frac{4\text{ m} \cdot (-100\text{ N})}{2} \therefore \mathcal{T}_2 = -200\text{ J}$$

Assim:

$\mathcal{T}_{total} = \mathcal{T}_1 + \mathcal{T}_2 \Rightarrow \mathcal{T}_{total} = 800\text{ J} + (-200\text{ J}) \therefore \mathcal{T}_{total} = 600\text{ J}$

Trabalho da força peso

Em um deslocamento vertical, o trabalho da força peso $\mathcal{T}_P$ pode ser calculado com base na definição dada anteriormente.

$$\mathcal{T}_P = P \cdot d \cdot \cos\theta$$

Porém, o deslocamento pode ocorrer em dois sentidos diferentes: no sentido oposto ao da força peso (por exemplo, quando uma pessoa levanta uma caixa de certa altura *h*) ou no mesmo sentido da força peso (por exemplo, quando a pessoa abaixa a caixa de certa altura *h*), como mostra a **Figura 1.10**.

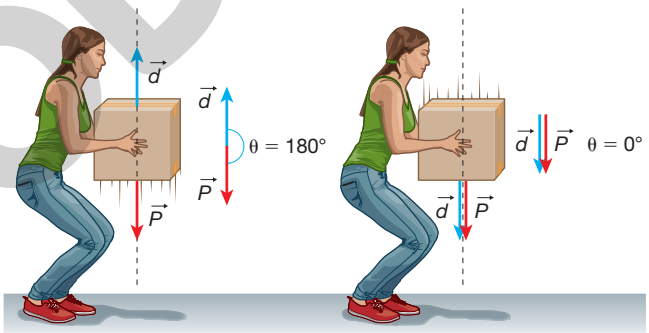


Figura 1.10 O trabalho da força peso que atua sobre a caixa pode ser positivo ou negativo.

Se o deslocamento e o peso apresentam sentidos opostos, temos:

$\mathcal{T}_P = P \cdot d \cdot \cos\theta \Rightarrow \mathcal{T}_P = mg \cdot h \cdot \cos 180° \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{T}_P = mg \cdot h \cdot (-1) \therefore \mathcal{T}_P = -mgh$

Se o deslocamento e o peso apresentam o mesmo sentido, temos:

$\mathcal{T}_P = P \cdot d \cdot \cos\theta \Rightarrow \mathcal{T}_P = mg \cdot h \cdot \cos 0° \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{T}_P = mg \cdot h \cdot 1 \therefore \mathcal{T}_P = mgh$

Note que o trabalho da força peso depende da massa do corpo no qual a força peso age, da aceleração da gravidade e da variação de altura.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Vamos agora considerar que uma esfera com peso de 10 N é levada de um ponto *A* até um ponto *B* por três diferentes caminhos, como mostra a **Figura 1.11**.

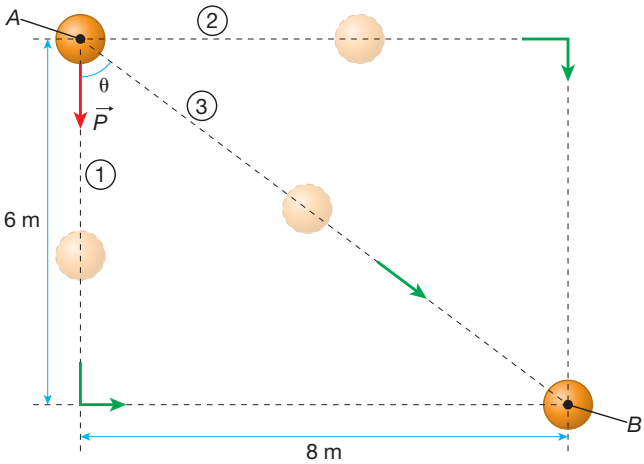


Figura 1.11 Uma esfera é levada de um ponto *A* até um ponto *B* por três caminhos diferentes.

Vamos calcular o trabalho realizado em cada caminho. No caminho 1, o deslocamento total é de 6 m na vertical mais 8 m na horizontal. Sabendo que o trabalho da força peso é dado por $\mathcal{T}_P = P \cdot d \cdot \cos\theta$, temos:

$$\mathcal{T}_{P_1} = 10\,\text{N} \cdot 6\,\text{m} \cdot \cos 0^\circ + 10\,\text{N} \cdot 8\,\text{m} \cdot \cos 90^\circ \therefore \mathcal{T}_P = 60\,\text{J}$$

No caminho 2, o deslocamento total é de 8 m na horizontal mais 6 m na vertical, portanto:

$$\mathcal{T}_{P_2} = 10\,\text{N} \cdot 8\,\text{m} \cdot \cos 90^\circ + 10\,\text{N} \cdot 6\,\text{m} \cdot \cos 0^\circ \therefore \mathcal{T}_P = 60\,\text{J}$$

No caminho 3, o deslocamento é dado pela hipotenusa do triângulo retângulo com catetos iguais a 6 m e 8 m. Aplicando o teorema de Pitágoras, notamos que o deslocamento total é de 10 m. O valor de cos θ pode ser obtido pela razão entre o cateto adjacente e a hipotenusa, o que nos dá $\cos\theta = \frac{6}{10} = 0{,}6$. Assim, o trabalho da força peso no caminho 3 é dado por:

$$\mathcal{T}_{P_3} = 10\,\text{N} \cdot 10\,\text{m} \cdot 0{,}6 \therefore \mathcal{T}_P = 60\,\text{J}$$

Desse modo, pudemos ver que o trabalho da força peso não depende da trajetória do corpo. Portanto, a força peso pode ser classificada em **força conservativa**, ou seja, uma força cujo trabalho não depende da trajetória. Um sistema no qual somente forças conservativas realizam trabalho é chamado de **sistema conservativo**.

Vamos usar os conceitos vistos até agora em uma situação na qual uma empilhadeira retira 20 caixas de 2 kg cada uma, com velocidade constante, de uma prateleira a 2 m de altura. Ao chegar à altura de 1 m, um carregador retira 2 caixas, antes mesmo de a empilhadeira depositá-las no chão, novamente com velocidade constante. Qual é o gráfico de $F \times d$ desse processo? Qual é o trabalho total realizado pela empilhadeira nessa tarefa?

O peso de uma caixa vale $P_{caixa} = mg = 2\,\text{kg} \cdot 10\,\text{m s}^{-2} = 20\,\text{N}$. Da altura de 2 m até atingir 1 m, temos um movimento retilíneo uniforme, portanto a força que a empilhadeira faz é igual ao peso de 20 caixas.

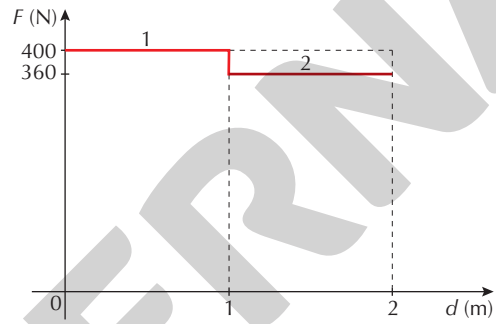
$$F_1 = 20 \cdot P_{caixa} \Rightarrow F_1 = 20 \cdot 20\,\text{N} \therefore F_1 = 400\,\text{N}$$

Da mesma forma, da altura de 1 m até atingir o chão, a força que a empilhadeira faz é igual ao peso de 18 caixas; assim:

$$F_2 = 18 \cdot P_{caixa} \Rightarrow F_2 = 18 \cdot 20\,\text{N} \therefore F_2 = 360\,\text{N}$$

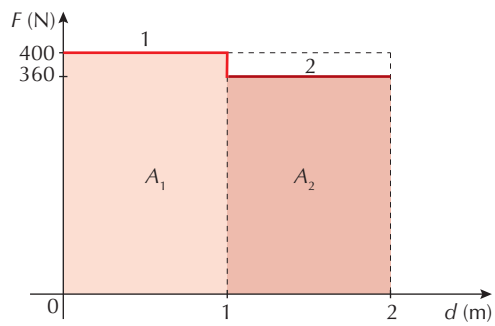
Logo, podemos construir o gráfico como mostra a **Figura 1.12**.

Figura 1.12 Gráfico de $F \times d$



Para calcular o trabalho realizado pela empilhadeira, basta calcularmos a área abaixo da curva do gráfico ($A \overset{N}{=} \mathcal{T}$), considerando as áreas retangulares A_1 e A_2, como mostra a **Figura 1.13**.

Figura 1.13 Gráfico de $F \times d$ com as áreas destacadas



Sendo a área do retângulo dada por $A = b \cdot h$, temos:

$$A_1 \overset{N}{=} \mathcal{T}_1 \Rightarrow \mathcal{T}_1 = 1\,\text{m} \cdot 400\,\text{N}$$

$$\therefore \mathcal{T}_1 = 400\,\text{J}$$

$$A_2 \overset{N}{=} \mathcal{T}_2 \Rightarrow \mathcal{T}_2 = 1\,\text{m} \cdot 360\,\text{N}$$

$$\therefore \mathcal{T}_2 = 360\,\text{J}$$

Assim, o trabalho total realizado pela empilhadeira é:

$$\mathcal{T}_{total} = \mathcal{T}_1 + \mathcal{T}_2 \Rightarrow \mathcal{T}_{total} = 400\,\text{J} + 360\,\text{J}$$

$$\therefore \mathcal{T}_{total} = 760\,\text{J}$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Trabalho da força elástica

O trabalho da força elástica pode ser calculado com base em um gráfico $F_{elást} \times d$ (**Fig. 1.14**). Pela lei de Hooke, $F_{elást} = k \cdot x$; sabemos que a força elástica varia linearmente com a deformação x sofrida pela mola.

Figura 1.14 O módulo do trabalho da força elástica é numericamente igual à área do triângulo no gráfico

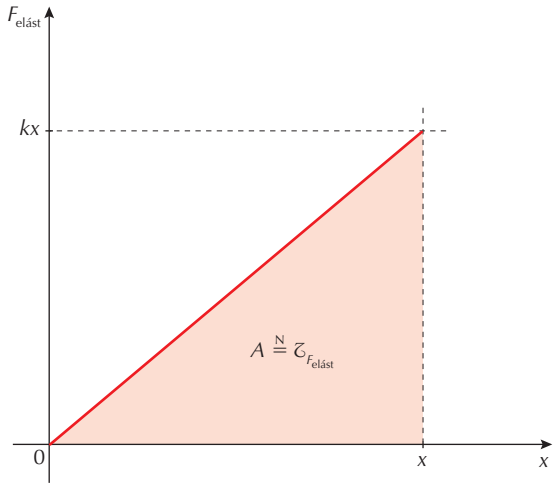


ILUSTRAÇÃO ERICSON GUILHERME LUCIANO

Calculando a área, temos:

$$\left|\mathcal{T}_{F_{elást}}\right| = \frac{k \cdot x \cdot x}{2} \therefore \left|\mathcal{T}_{F_{elást}}\right| = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Depois de calcular o módulo do trabalho, devemos avaliar se o trabalho é motor ou resistente. Nos casos em que a mola é alongada, ou seja, quando a força elástica se opõe à deformação, temos:

$$\mathcal{T}_{F_{elást}} = -\frac{k \cdot x^2}{2}$$

Ou seja, nesse caso, o trabalho é resistente.

Já nos casos em que a mola retorna à sua posição de equilíbrio, ou seja, quando a força elástica e o deslocamento têm o mesmo sentido, temos:

$$\mathcal{T}_{F_{elást}} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Nessa situação, o trabalho é motor.

Vejamos um exemplo que envolve uma mola com constante elástica $k = 1.000\ N\ m^{-1}$ e tamanho natural de 10 cm em repouso. Essa mola é esticada até atingir 14 cm. Qual é o trabalho realizado pela força elástica?

A mola é esticada em 0,04 m, e uma força se opõe a essa deformação; então:

$$\mathcal{T}_{F_{elást}} = -\frac{k \cdot x^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{F_{elást}} = -\frac{1.000\ N\ m^{-1} \cdot (0{,}04\ m)^2}{2}$$

$$\therefore \mathcal{T}_{F_{elást}} = -0{,}8\ J$$

Potência

Geralmente, associamos o significado de potência a alguma força, por exemplo, a potência muscular de cavalos de corrida ou a potência do motor de um veículo, seja uma motocicleta, seja um automóvel, seja um caminhão. No entanto, **potência** é definida como uma grandeza escalar que mede a rapidez com que um trabalho é realizado.

Para relacionar o intervalo de tempo gasto com o trabalho realizado, utilizamos a **potência média** (P_m), definida como:

$$P_m = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t}$$

No SI, a potência é medida em **watt** (**W**). Um watt equivale a um joule por segundo ($J\ s^{-1}$).

Essa unidade é uma homenagem ao matemático e engenheiro escocês James Watt (1736-1819), que aperfeiçoou a máquina a vapor, contribuindo para o desenvolvimento das indústrias a partir do século XVIII, na Inglaterra.

Há outras unidades de potência, como o cavalo-vapor (**cv**) e o *horsepower* (**HP**), que obedecem às relações 1 cv ≃ 736 W e 1 hp ≃ 746 W.

Vejamos um exemplo no qual um elevador de massa igual a 500 kg deve suportar, no máximo, o peso de 14 pessoas com massa de até 70 kg cada uma, mais o próprio peso, para que funcione com segurança. Além disso, o elevador deve ser capaz de subir uma altura de 30 m em 10 s, com velocidade constante, estando sem carga ou com carga máxima. Quais são as potências mínima e máxima que o motor do elevador deve desenvolver?

Como o trabalho realizado pelo motor é igual ao da força peso, a potência pode ser calculada como:

$$P = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t} \therefore P = \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t}$$

Considerando que a potência mínima corresponde ao elevador subindo vazio, temos:

$$P_{mín} = \frac{m_{elevador} \cdot g \cdot h}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{mín} = \frac{500\ kg \cdot 10\ m\ s^{-2} \cdot 30\ m}{10\ s}$$

$$\therefore P_{mín} = 15.000\ W$$

Considerando que a potência máxima corresponde à subida do elevador com lotação máxima, temos:

$$P_{máx} = \frac{(14 \cdot m_{pessoa} + m_{elevador}) \cdot g \cdot h}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{máx} = \frac{(14 \cdot 70\ kg + 500\ kg) \cdot 10\ m\ s^{-2} \cdot 30\ m}{10\ s}$$

$$\therefore P_{máx} = 44.400\ W$$

MODERNA

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

Rendimento

Imagine um elevador equipado com um motor como o da **Figura 1.15**, com potência total de 5.000 W, mas que, para realizar trabalho, aproveite apenas 4.000 W. A perda se deve a diversos fatores, como atrito e dissipação de calor na fiação. Nesse sistema, considera-se que o **rendimento** seja de $\frac{4.000}{5.000}$, ou seja, 80%.

CSABA DELI/SHUTTERSTOCK

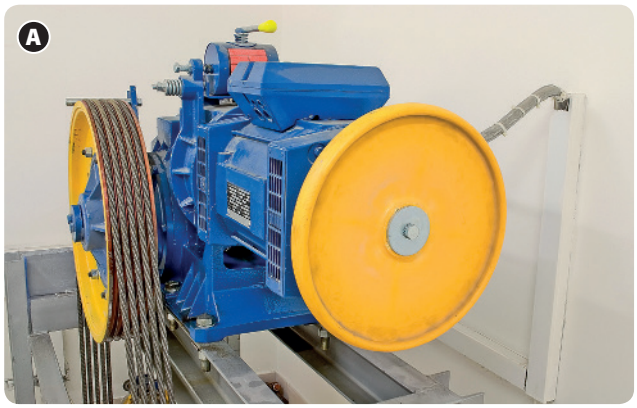


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

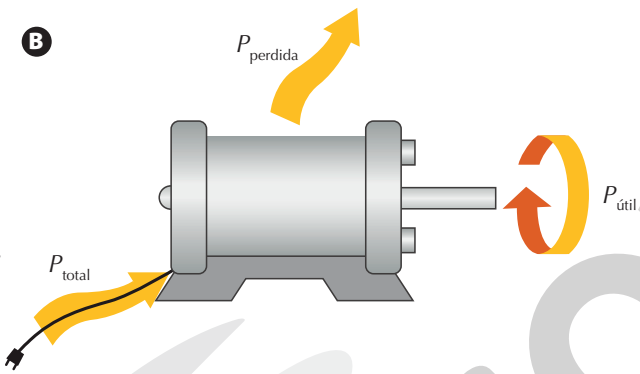


Figura 1.15 **(A)** Motor de elevador. **(B)** A potência útil ($P_{útil}$) desenvolvida pelo motor é obtida pela diferença entre a potência total (P_{total}) e a potência perdida ($P_{perdida}$).

De forma geral, a potência total (P_{total}) é dada por:

$$P_{total} = P_{útil} + P_{perdida}$$

O rendimento η é definido pela potência útil ($P_{útil}$) dividida pela potência total; assim:

$$\eta = \frac{P_{útil}}{P_{total}}$$

Energia

Em fevereiro de 2013, um meteoro com cerca de 10 mil t e 17 m de largura entrou na atmosfera terrestre, explodindo a aproximadamente 30 km de altitude sobre o município de Cheliabinsk, na Rússia. A onda de choque da explosão provocou vários estragos e feriu mais de mil pessoas na cidade.

Essa explosão liberou uma quantidade de energia enorme, que passou por várias transformações, o que justifica os danos ocorridos naquela cidade.

Energia cinética e o teorema trabalho-energia cinética

LEIGHTY/PHOTRI IMAGES/ALAMY/FOTOARENA

Figura 1.16 Atletas participando de uma maratona nos Estados Unidos em 2011.

Corpos em movimento, como os atletas da **Figura 1.16**, têm uma energia de movimento associada, chamada de **energia cinética** (E_c).

Para determinar a expressão da energia cinética, vamos considerar que um dos carros de corrida, de massa m, acelere a partir de uma velocidade inicial v_0 com uma força motora constante de intensidade F. Ao efetuar um deslocamento d, o trabalho realizado é igual a $\mathcal{T} = F \cdot d$.

Então, podemos dizer que a variação na energia cinética (ΔE_c) é igual a $F \cdot d$. Da segunda lei de Newton sabemos que $F = m \cdot a$. Dessa forma, fazendo a substituição na expressão da variação de energia cinética, temos:

$$\Delta E_c = m \cdot a \cdot d \Rightarrow a \cdot d = \frac{\Delta E_c}{m}$$

Vamos, agora, considerar a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d \Rightarrow a \cdot d = \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$$

Substituindo $a \cdot d = \frac{\Delta E_c}{m}$ na equação anterior, temos:

$$\Delta E_c = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Dessa equação podemos definir a energia cinética de um corpo de massa m e velocidade v como:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

No SI, a unidade de energia cinética é kg · (m s^{-1}), que equivale a N · m, que é a mesma unidade do trabalho, ou seja, joule (J).

Desse modo, quanto maior for a massa do corpo e sua velocidade, maior será a energia cinética. Por exemplo, quando um automóvel pequeno e um caminhão trafegam lado a lado com a mesma velocidade em relação a um referencial, a energia necessária para o movimento do caminhão, que tem maior massa, é maior que a do

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

MODERNA

automóvel. Então, quando dois corpos estão se movimentando com a mesma velocidade, podemos afirmar que a energia cinética é maior no corpo que tem a maior massa.

Vamos verificar essa afirmação calculando a energia cinética de um carro de 1.000 kg e de um caminhão de 8.000 kg que trafegam a 72 km h^{-1}.

Primeiro, vamos calcular as velocidades em m s^{-1}:

$$v_{carro} = v_{caminhão} = \frac{72}{3,6}\ m\ s^{-1}$$

$$\therefore v_{carro} = v_{caminhão} = 20\ m\ s^{-1}$$

Calculando a energia cinética do carro, temos:

$$E_{c_{carro}} = \frac{m_{carro} \cdot v^2_{carro}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c_{carro}} = \frac{1.000\ kg \cdot (20\ m\ s^{-1})^2}{2}$$

$$\therefore E_{c_{carro}} = 2 \cdot 10^5\ J$$

Em relação ao caminhão, temos:

$$E_{c_{caminhão}} = \frac{m_{caminhão} \cdot v^2_{caminhão}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c_{caminhão}} = \frac{8.000\ kg \cdot (20\ m\ s^{-1})^2}{2}$$

$$\therefore E_{c_{caminhão}} = 1,6 \cdot 10^6\ J$$

Portanto, o caminhão tem maior energia cinética.

Quando aplicamos uma força sobre um corpo movimentando-o e alterando sua velocidade, ou seja, provocando deslocamento e aceleração, sua energia cinética varia.

Vamos considerar uma esfera de massa *m* que se move em linha reta sobre uma superfície horizontal (**Fig. 1.17**). A esfera está sob a ação de uma força resultante constante $\vec{F}$.

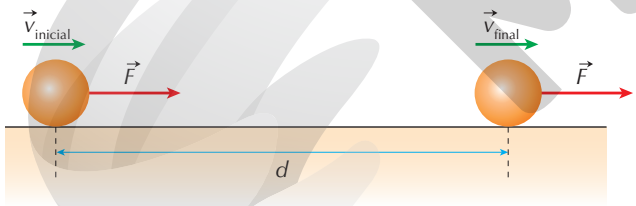


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 1.17 Esfera sob a ação de uma força constante.

Logo, o trabalho realizado corresponde à variação da energia cinética, ou seja:

$$\mathcal{T} = \Delta E_c \Rightarrow \mathcal{T} = E_{c(final)} - E_{c(inicial)}$$

$$\therefore \mathcal{T} = \frac{m \cdot v^2_{final}}{2} \cdot \frac{m \cdot v^2_{inicial}}{2}$$

Se o trabalho for positivo, a energia cinética aumenta; se for negativo, a energia cinética diminui.

A expressão acima é conhecida como **teorema trabalho-energia cinética**.

Vamos aplicar esse teorema na seguinte situação: um veículo com massa de 1.000 kg trafega em uma rua reta e horizontal com velocidade de 54 km h^{-1} e, ao frear, percorre 30 m até parar completamente. Qual é o trabalho realizado pela força de atrito? Qual é a intensidade da força de atrito? Qual é o coeficiente de atrito entre os pneus e o asfalto? Lembrando que a força de atrito (F_{at}) pode ser calculada pela equação: $F_{at} = \mu \cdot F_N$.

Primeiramente, vamos calcular a velocidade inicial em m s^{-1}:

$$v_{inicial} = \frac{54}{3,6}\ m\ s^{-1} \therefore v_{inicial} = 15\ m\ s^{-1}$$

Usando o teorema trabalho-energia cinética, podemos calcular o trabalho:

$$\mathcal{T}_{F_{at}} = \frac{m \cdot v^2_{final}}{2} - \frac{m \cdot v^2_{inicial}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathcal{T}_{F_{at}} = \frac{1.000\ kg \cdot 0^2}{2} - \frac{1.000\ kg \cdot (15\ m\ s^{-1})^2}{2}$$

$$\therefore \mathcal{T}_{F_{at}} = -1,125 \cdot 10^5\ J$$

A força de atrito é oposta ao movimento; logo, o ângulo formado entre ela e o deslocamento é de 180°. Assim, sua intensidade é:

$$\mathcal{T}_{F_{at}} = F_{at} \cdot d \cdot \cos\theta \Rightarrow \mathcal{T}_{F_{at}} = F_{at} \cdot d \cdot \cos(180°) \Rightarrow$$

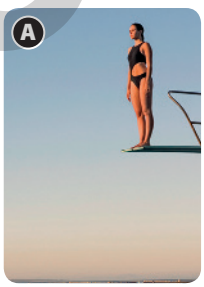
$$\Rightarrow -1,125 \cdot 10^5\ J = F_{at} \cdot 30\ m \cdot (-1) \therefore F_{at} = 3.750\ J$$

O coeficiente de atrito é dado por:

$$F_{at} = \mu \cdot F_N \Rightarrow 3.750\ N = \mu \cdot 1.000\ kg \cdot 10\ m\ s^{-1}$$

$$\therefore \mu = 0,375$$

Energia potencial



JUICE FLAIR/SHUTTERSTOCK

ROBERTUS PUDYANTO/GETTY IMAGES ASIAPAC/GETTY IMAGES

Figura 1.18 **(A)** Antes de saltar, a atleta acumula energia potencial gravitacional, que se transforma em energia cinética após o salto. **(B)** Ao esticar a corda com a flecha, o atleta acumula energia potencial elástica, que se transforma em energia cinética ao soltar a flecha.

A atleta de salto ornamental (**Fig. 1.18 A**) está inicialmente posicionada a certa altura em relação ao solo. Depois de saltar, sua altura diminui e sua energia cinética aumenta. Dizemos, então, que, na posição e na altura iniciais, havia uma energia acumulada. Na **Figura 1.18 B**, o atleta, ao realizar trabalho puxando a flecha, acumula energia no arco. Na posição em que ele está na imagem, dizemos que há uma energia potencial elástica, que será transformada em energia cinética quando ele soltar a flecha.

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

MODERNA

Assim que o corpo entra em movimento, a energia potencial pode ser convertida em energia cinética. As duas naturezas distintas da energia potencial, a **gravitacional** e a **elástica**, serão estudadas a seguir.

Energia potencial gravitacional

Ao elevar verticalmente um corpo de massa m a uma altura h, o corpo armazena uma determinada quantidade de energia, chamada de **energia potencial gravitacional** (E_{potg}). Para deslocar o corpo, com velocidade constante, até a altura h, é necessária uma força que se oponha à força peso.

Por exemplo, na subida de uma escada rolante, a energia potencial das pessoas aumenta. Para isso, o motor da escada rolante realiza trabalho, cujo módulo é igual à energia potencial gravitacional, porém com sinal oposto. Assim, lembrando que o trabalho do peso depende apenas da diferença de altura (e não da trajetória) e que na subida o trabalho do peso é negativo (o sentido da força peso é contrário ao movimento), temos:

$$E_{potg} = -\mathcal{T}_p \Rightarrow E_{potg} = -(-P \cdot h) \therefore E_{potg} = m \cdot g \cdot h$$

A expressão obtida nos dá a energia potencial gravitacional, que é a energia associada ao sistema de corpos que interagem gravitacionalmente a uma determinada altura em relação a um nível de referência. Nesse caso, o sistema é formado pelo corpo de massa m e o planeta Terra.

Vejamos um exemplo, considerando a atleta no alto da plataforma de mergulho mostrada na **Figura 1.18 A**. Estimando que sua massa seja de 60 kg e que a altura da plataforma seja de 5 m, qual é sua energia potencial?

Pela expressão da energia potencial gravitacional, temos:

$$E_{potg} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_{potg} = 60 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-1} \cdot 5 \text{ m}$$
$$\therefore E_{potg} = 3.000 \text{ J}$$

Isso quer dizer que, durante a descida, devido à gravidade, sua energia cinética poderá aumentar até 3.000 J.

Energia potencial elástica

A mola na suspensão de um veículo (**Fig. 1.19**) forma um sistema elástico, acumulando energia quando se deforma, ou seja, quando é comprimida, e voltando ao normal quando a deformação cessa. A energia acumulada pela mola está associada à **energia potencial elástica** ($E_{potelást}$).

DMITRY KALINOVSKY/SHUTTERSTOCK

Figura 1.19 Mola na suspensão de um veículo.

Na situação que envolve o atleta da modalidade de arco e flecha (**Fig. 1.18 B**), a força elástica aplicada pelo arco, quando deformado de um comprimento x, é igual a $F_{elást} = k \cdot x$. Dessa forma, podemos construir um gráfico da intensidade da força pela deformação, como mostra a **Figura 1.20**.

Figura 1.20 Gráfico da $F_{elást} \times d$

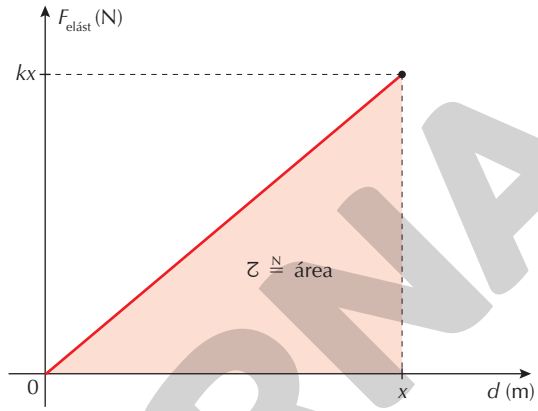


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Pelo gráfico, podemos calcular o trabalho da força aplicada no arco quando ele é deformado de um comprimento x, calculando a área abaixo da curva.

$$\mathcal{T} \overset{N}{=} \text{área} \Rightarrow \mathcal{T} = \frac{b \cdot h}{2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \mathcal{T} = \frac{x \cdot kx}{2} \therefore \mathcal{T} = \frac{kx^2}{2}$$

Esse trabalho corresponde à energia potencial acumulada em razão da deformação x; logo:

$$E_{potelást} = \mathcal{T}_{F_{elást}} \therefore E_{potelást} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Portanto, a expressão anterior nos permite calcular a energia potencial elástica.

Energia mecânica

Como no exemplo da atleta na plataforma de mergulho, um corpo no alto de um toboágua acumula energia potencial gravitacional antes de iniciar a descida; à medida que desce e sua velocidade aumenta, ele adquire energia cinética. No caso do atleta manuseando arco e flecha, vimos que o sistema acumula energia potencial elástica quando a corda do arco é esticada, e que essa energia é transferida para a flecha quando esta é lançada, transformando-se em energia cinética. Podemos definir a **energia mecânica** (E_{mec}) como a soma das energias cinética e potencial, ou seja:

$$E_{mec} = E_c + E_{pot}$$

Em que:

$$E_{pot} = E_{potg} + E_{potelást}$$

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

MODERNA

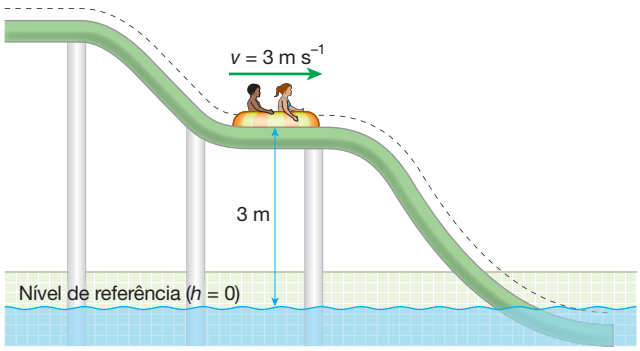
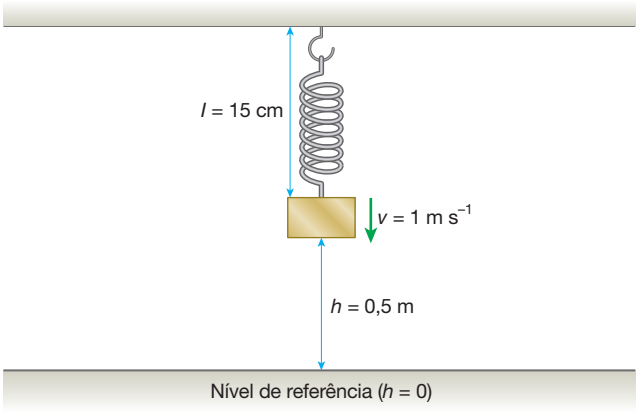


Figura 1.21 Representação de duas pessoas descendo por um toboágua. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 1.22 A mola suspensa verticalmente se deforma com a presença da massa. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vejamos um exemplo envolvendo um toboágua. Considerando que duas pessoas sobre uma boia, perfazendo uma massa total de 150 kg, descem pelo escorregador, qual é a energia mecânica no instante indicado na **Figura 1.21**, de acordo com o nível de referência adotado?

A energia mecânica no ponto indicado pode ser calculada da seguinte maneira:

$$E_{mec} = E_c + E_{potg} \Rightarrow E_{mec} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{mec} = \frac{150\,kg \cdot (3\,m\,s^{-1})^2}{2} + 150\,kg \cdot 10\,m\,s^{-2} \cdot 3\,m \therefore E_{mec} = 5.175\ J$$

Imagine outra situação, agora envolvendo a energia potencial elástica, na qual uma mola com tamanho natural de 10 cm e constante elástica $k = 2.000\ N\ m^{-1}$ é suspensa verticalmente. Prende-se a ela uma massa de 12 kg e ela se deforma, como mostra a **Figura 1.22**. Qual é a energia mecânica do sistema na posição mostrada, adotando-se o nível de referência dado na figura?

Primeiro, vamos calcular quanto a mola deformou. De acordo com a figura, a deformação da mola é:

$x = 15 - 10$

Portanto, $x = 5$ cm ou $x = 0{,}05$ m.

Calculando a energia mecânica do sistema, temos:

$$E_{mec} = E_c + E_{potg} + E_{potelást} \Rightarrow E_{mec} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h + \frac{k \cdot x^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{mec} = \frac{12\ kg \cdot (1\,m\,s^{-1})^2}{2} + 12\ kg \cdot 10\,m\,s^{-2} \cdot 0{,}5\,m + \frac{2.000\,N\,m^{-1} \cdot (0{,}05\ m)^2}{2} \therefore E_{mec} = 68{,}5\ J$$

Conservação da energia mecânica

JONNY UEDA/FUTURA PRESS

Figura 1.23 Barragem localizada em Ilha Solteira, SP (2017). A água represada armazena energia potencial gravitacional.

STAS VULKANOV/SHUTTERSTOCK

Figura 1.24 No salto de *bungee jumping*, em determinado ponto, o saltador tem energia cinética, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica.

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

MODERNA

Em uma barragem de usina hidroelétrica, como a de Ilha Solteira, no estado de São Paulo (**Fig. 1.23**), a água armazena energia potencial gravitacional antes de cair para mover as turbinas. No processo de queda, a energia potencial gravitacional da água se transforma em energia cinética. No *bungee jumping* (**Fig. 1.24**), um esporte radical em que o esportista, amarrado a um cabo elástico, se lança do alto de uma plataforma, há em determinado ponto do salto (quando o cabo começa a esticar e puxar a pessoa para cima) energias cinética e potencial gravitacional, além da energia potencial elástica.

Considerando que as situações mencionadas ocorrem em um sistema conservativo, ou seja, no qual somente forças conservativas realizam trabalho, como a força peso, a força elástica e a força gravitacional, temos conservação da energia mecânica. O **princípio da conservação da energia mecânica** pode ser enunciado da seguinte maneira:

A energia mecânica total de um sistema permanece constante sempre que o trabalho das forças não conservativas for nulo. Ou seja, apenas o peso ou a força elástica podem realizar trabalho.

A energia mecânica de um sistema é representada pela soma da energia cinética e da energia potencial, ou seja:

$$E_{mec} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h + \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Como a quantidade de energia total do sistema é sempre a mesma, temos:

$E_{mec(inicial)} = E_{mec(final)}$

Vejamos um exemplo: em uma montanha-russa, um carrinho está no ponto *A* e parte do repouso para iniciar a descida, como mostra a **Figura 1.25**. Desprezando o atrito e considerando que o conjunto carrinho mais passageiros tenha massa total de 300 kg, qual é a velocidade do carrinho no ponto *B*? Qual é a energia cinética do carrinho no ponto *C*?

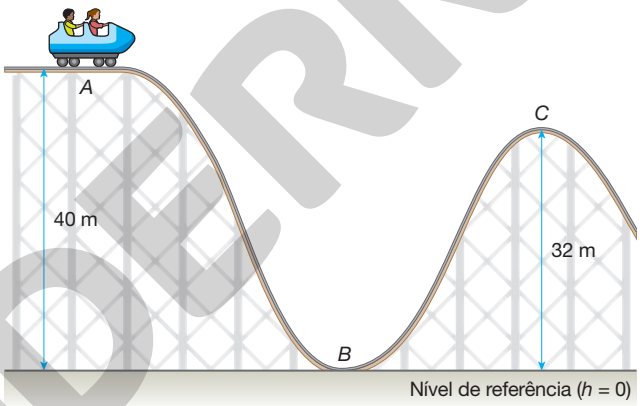


Figura 1.25 Representação esquemática do conjunto carrinho mais passageiros em uma montanha-russa.

Aplicando o princípio da conservação da energia mecânica, temos:

$$E_{mec(A)} = E_{mec(B)} \Rightarrow E_{potg(A)} + E_{c(A)} = E_{potg(B)} + E_{c(B)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{m} \cdot g \cdot h_A + 0 = 0 + \frac{\cancel{m} \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10\ m\,s^{-2} \cdot 40\ m = \frac{v_B^2}{2} \therefore v_B \simeq 28{,}3\ m\,s^{-1}$$

Aplicando novamente o princípio da conservação de energia mecânica, temos:

$$E_{mec(A)} = E_{mec(C)} \Rightarrow m \cdot g \cdot h_A + 0 = m \cdot g \cdot h_C + E_{c(C)} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 300\ kg \cdot 10\ m\,s^{-2} \cdot 40\ m = 300\ kg \cdot 10\ m\,s^{-2} \cdot 32\ m + E_{c(C)} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 120.000\ J = 96.000\ J + E_{c(C)} \therefore E_{c(C)} = 24.000\ J$$

Energia térmica, calor e energia química

Objetos e substâncias são constituídos por partículas, ou seja, átomos ou moléculas que se arranjam de diferentes maneiras, dependendo da estrutura do material. Todas as partículas que compõem a estrutura de um corpo se agitam constantemente, isto é, estão sempre em movimento. Quanto maior a agitação ou o movimento, maior o espaço ocupado por elas, como mostra a **Figura 1.26**. A agitação média das partículas e o espaço médio que ocupam dependem da **energia térmica** armazenada pelo corpo. Essa energia pode ser descrita como a soma total da energia cinética das partículas que constituem um dado corpo ou substância. Por isso, para indicar a energia de um corpo decorrente da agitação de suas partículas, usamos a expressão energia térmica.

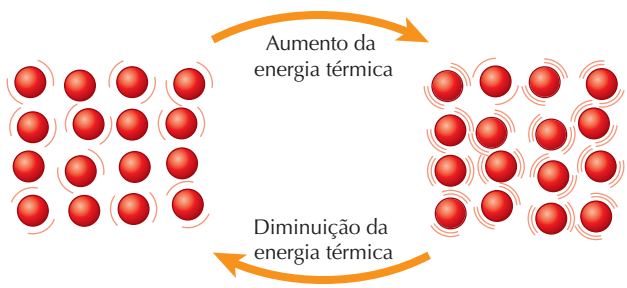


Figura 1.26 O aumento ou a diminuição da energia térmica em um corpo faz com que suas partículas se agitem com mais ou com menos intensidade.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Quando essa energia está em trânsito, o que ocorre entre corpos com temperaturas diferentes, ela é chamada de **calor**. É o que acontece, por exemplo, quando tocamos em uma xícara com chá quente. Nesse caso, há troca de calor entre nossas mãos e a superfície quente da xícara (**Fig. 1.27 A**). A necessidade de nos agasalharmos bem durante o frio também se deve às trocas de calor; quanto mais camadas de tecido usarmos, mais difícil será a troca de calor entre o nosso corpo e o ambiente (**Fig. 1.27 B**).

BLAMARYBLA/SHUTTERSTOCK

SCOTT OLSON/GETTY IMAGES

Figura 1.27 **(A)** As mãos trocam calor com a superfície quente da xícara de chá. **(B)** As pessoas precisam se agasalhar bem em períodos frios para evitar a troca de calor com o ambiente.

Experimento de James Prescott Joule

A construção do conhecimento científico envolve questionamentos, estudos e inúmeros experimentos realizados por cientistas de todo o mundo. O físico britânico James Prescott Joule (1818-1889), por exemplo, realizou experimentos que contribuíram de forma significativa para a elaboração conceitual do princípio de conservação da energia. No mais conhecido deles, Joule procurou demonstrar que a energia mecânica poderia ser transformada em calor. A **Figura 1.28** mostra o dispositivo utilizado pelo cientista, composto de uma manivela, um peso, duas pás giratórias submersas em um reservatório com água e um termômetro.

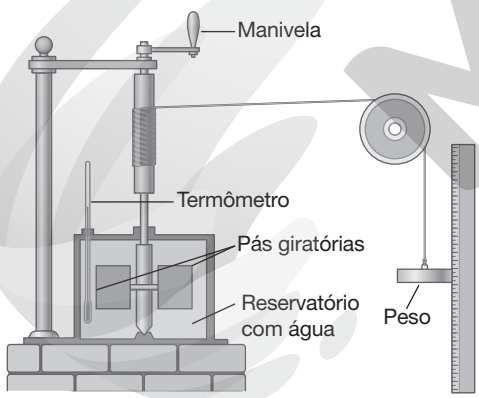


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Fonte: DISPOSITIVO de Joule. *Harper's New Monthly Magazine*, n. 231, ago. 1869.

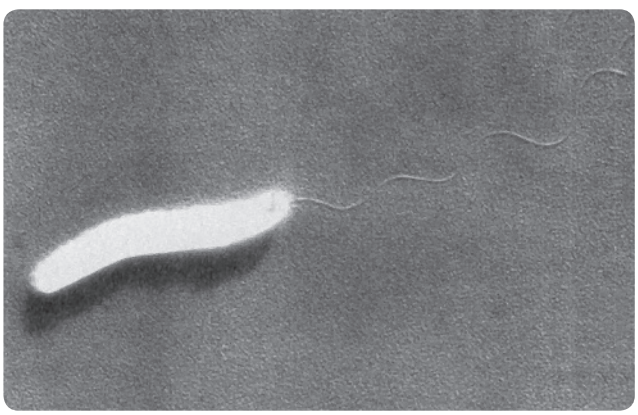
Figura 1.28 Esquema do experimento de Joule.

O experimento consistia em rodar continuamente a manivela do dispositivo fazendo com que o peso subisse e descesse, movimentando as pás. Depois de algum tempo, era possível observar que o termômetro imerso no reservatório indicava que a temperatura da água havia subido. Joule repetiu o experimento muitas vezes, testando vários pesos e alturas, sempre obtendo alguma alteração na temperatura da água. Ele então relacionou o trabalho realizado pela força peso à quantidade de energia transferida como calor, notando que o trabalho era o mesmo em todas as situações, ou seja, por meio do experimento, ele demonstrou que a energia mecânica podia ser transformada em calor.

Energia química

Algumas substâncias químicas são utilizadas como fonte de energia, por exemplo, para mover automóveis, cozinhar alimentos e contrair músculos. Essa energia é liberada por meio de reações químicas e está associada às ligações químicas e às interações intermoleculares das substâncias envolvidas no processo. Esse tipo de energia é denominado **energia química**, sendo a soma das energias potencial e cinética das substâncias envolvidas na reação. Assim como as outras formas de energia que estudamos até agora, ela pode ser armazenada e convertida em outros tipos. Por exemplo, organismos que realizam fotossíntese convertem a energia proveniente da luz solar em energia química por meio da formação das ligações que constituem as moléculas de glicose. Outro exemplo é a conversão de energia química em energia mecânica que se dá na hidrólise de trifosfato de adenosina, ou ATP (do inglês, ***a**denosine **tri**phosphate*), usada em nosso corpo para a contração muscular.

Algumas espécies de bactérias, denominadas quimiotróficas, obtêm energia química para produzir substâncias orgânicas ricas em energia, como a ATP, por meio da oxidação de substâncias inorgânicas, em um processo conhecido como **quimiossíntese**. As bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* são exemplos de bactérias quimiossintetizantes que vivem no solo e contribuem para a reciclagem do nitrogênio (N) no planeta Terra. Outro exemplo é a bactéria *Thiomicrospira crunogena,* mostrada na **Figura 1.29**, que oxida compostos com enxofre (S) como fonte de energia para fixação de carbono (C) e para a produção de glicídios usados como fonte de energia. A fonte de carbono para esses seres é majoritariamente CO_2 proveniente de fontes hidrotermais.



© 1985 INTERNATIONAL UNION OF MICROBIOLOGICAL SOCIETIES

Figura 1.29 Micrografia eletrônica da bactéria *Thiomicrospira crunogena*. (Imagem obtida de microscópio eletrônico e ampliada cerca de 10.000 vezes.)

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

MODERNA

Muito importante para diversos processos biológicos, como a fotossíntese, a respiração celular e a contração muscular, é o fenômeno de **transporte ativo**, em que a energia liberada em certas reações químicas envolvendo os nutrientes que obtemos na alimentação é utilizada para criar concentrações desiguais de íons entre os dois lados de uma membrana, resultando em uma diferença de potencial eletroquímico.

Fique por dentro

Energia na pista de *skate*

Neste simulador, você pode estudar a conservação da energia mecânica por meio da variação dos parâmetros de um skatista em uma pista de *skate*. É possível criar caminhos, rampas e saltos e visualizar a energia cinética, a energia potencial e o atrito do movimento.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt_BR.html>.

As leis da conservação

Este vídeo produzido pela Plataforma Anísio Teixeira, da Secretaria da Educação do Estado da Bahia, explica as leis da conservação da massa e da energia. Nesta mesma página, você pode acessar outros vídeos sobre conteúdos de Ciências da Natureza.

Disponível em: <http://pat.educacao.ba.gov.br/conteudos-digitais/conteudo/exibir/id/554>.

Acessos em: 14 jul. 2020.

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

Atividades

Registre em seu caderno

1. Como podemos saber se o trabalho realizado por uma força é positivo ou negativo?
2. Desloca-se um objeto sobre um plano horizontal com a aplicação de uma força horizontal de 100 N. Se o trabalho realizado por essa força for de 2.500 J, qual será o deslocamento realizado pelo objeto?
3. Um garoto ergue um bloco de 1 kg verticalmente, com velocidade constante, a uma altura de 1 m. Calcule o trabalho realizado pelo garoto.
4. Uma caixa com 160 N de peso desce, com velocidade constante, uma rampa com comprimento de 10 m. A inclinação dessa rampa faz um ângulo de 30° com a horizontal. Calcule o trabalho realizado pela força peso.
5. Um homem quer empurrar uma caixa sobre o chão áspero por uma distância de 15 m exercendo uma força F igual a 100 N. O coeficiente de atrito é de 0,25. Qual deve ser o ângulo entre a força e a horizontal para que o homem realize o máximo de trabalho?
6. (Enem) Os carrinhos de brinquedo podem ser de vários tipos. Dentre eles, há os movidos a corda, em que uma mola em seu interior é comprimida quando a criança puxa o carrinho para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento enquanto a mola volta à sua forma inicial.

   O processo de conversão de energia que ocorre no carrinho descrito também é verificado em

   a) um dínamo.
   b) um freio de automóvel.
   c) um motor a combustão.
   d) uma usina hidroelétrica.
   e) uma atiradeira (estilingue).
7. Sobre um bloco de 3 kg de massa atua uma força horizontal de 6 N. Partindo do repouso, qual será a energia cinética desse corpo depois de 2 s? Despreze o atrito.
8. De um vale, pode-se observar o cume de dois montes, um tem altura de 850 m e o outro de 750 m em relação ao fundo do vale. Durante o inverno, é instalada uma pista de esqui que une em linha reta o alto do monte maior ao alto do monte menor, passando pelo ponto mais baixo do vale. O comprimento total dessa pista é de 6,2 km e a inclinação média das rampas é de 30°. Um esquiador com 78,30 kg parte do repouso no alto do monte maior e se dirige ao monte menor. Considere a pista ideal, ou seja, sem atrito, e determine com que velocidade o esquiador chegaria ao alto do morro menor sem dar impulso com os bastões.
9. Calcule a potência de um motor para que um bloco de granito de 2.000 kg seja arrastado, com velocidade constante de 2 m s^{-1}, sobre um plano inclinado que forma um ângulo de 30° com a horizontal. Sabe-se que o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano inclinado é 0,40.

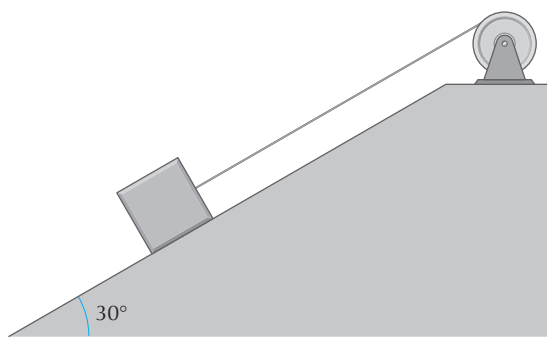
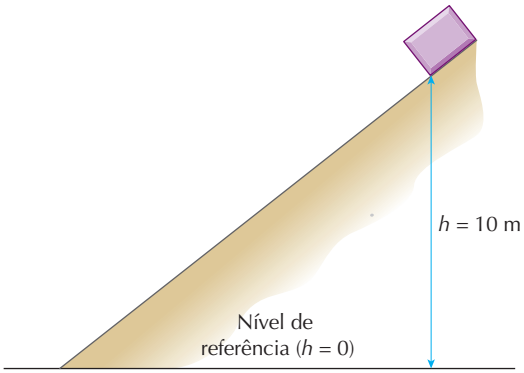
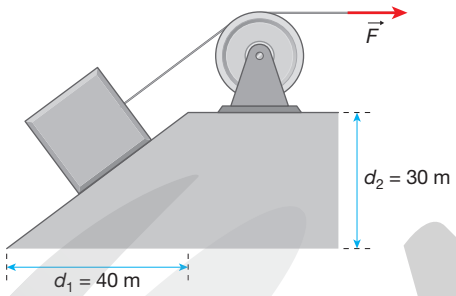


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

10. Um bloco de 10 kg parte do repouso e desce um plano inclinado, como mostra a figura a seguir. A velocidade do bloco na parte mais baixa do percurso é 8 m s^{-1}. Calcule o trabalho realizado pela força de atrito.

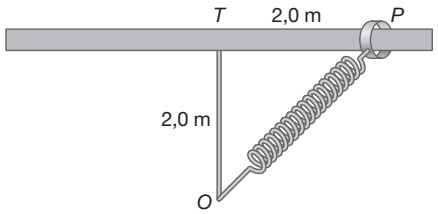


11. (UPE) No dispositivo representado na figura abaixo, um bloco de granito de massa 1.500 kg é puxado para cima em um plano inclinado, com uma velocidade constante de 2,0 m s^{-1} por uma força *F* aplicada ao cabo. As distâncias indicadas são $d_1 = 40$ m e $d_2 = 30$ m, e o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano inclinado é 0,50. Considere $g = 10$ m s^{-2}. O atrito na roldana e as massas da corda e da roldana são desprezíveis. Nessas condições, a potência desenvolvida pela força *F* aplicada ao bloco pelo cabo vale em kW:



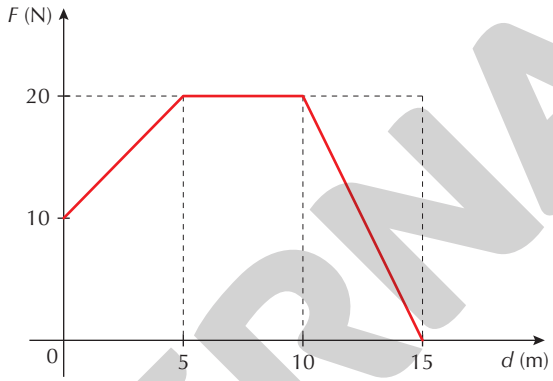
a) 30 **c)** 50 **e)** 10
b) 40 **d)** 70

12. (ITA-SP) Um aro de 1 kg de massa encontra-se preso a uma mola de massa desprezível, constante elástica $k = 10$ N m^{-1} e comprimento inicial $L_0 = 1$ m quando não distendida, afixada no ponto O. A figura mostra o aro numa posição *P* em uma barra horizontal fixa ao longo da qual o aro pode deslizar sem atrito. Soltando o aro do ponto *P*, qual deve ser sua velocidade, em m s^{-1}, ao alcançar o ponto *T*, a 2 m de distância?



a) $\sqrt{30,0}$ **c)** $\sqrt{23,4}$ **e)** $\sqrt{8,2}$
b) $\sqrt{40,0}$ **d)** $\sqrt{69,5}$

13. Com base no gráfico abaixo, calcule o trabalho realizado pela força durante todo o trajeto.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

14. (Unicamp-SP) "Era uma vez um povo que morava numa montanha onde havia muitas quedas-d'água. O trabalho era árduo e o grão era moído em pilões. [...] Um dia, quando um jovem suava ao pilão, seus olhos bateram na queda-d'água onde se banhava diariamente. [...] Conhecia a força da água, mais poderosa que o braço de muitos homens. [...] Uma faísca lhe iluminou a mente: não seria possível domesticá-la, ligando-a ao pilão?"

(Rubem Alves. *Filosofia da Ciência*: introdução ao jogo e suas regras. São Paulo: Brasiliense, 1987.)

Essa história ilustra a invenção do pilão d'água (monjolo). Podemos comparar o trabalho realizado por um monjolo de massa igual a 30 kg com aquele realizado por um pilão manual de massa igual a 5,0 kg. Nessa comparação, desconsidere as perdas e considere $g = 10$ m s^{-2}.

a) Um trabalhador ergue o pilão manual e deixa-o cair de uma altura de 60 cm. Qual o trabalho realizado em cada batida?

b) O monjolo cai sobre grãos de uma altura de 2 m. O pilão manual é batido a cada 2,0 s, e o monjolo, a cada 4,0 s. Quantas pessoas seriam necessárias para realizar com o pilão manual o mesmo trabalho que o monjolo, no mesmo intervalo de tempo?

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

TEMA 2

Termoquímica

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 4; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT201; EM13CNT307

A realização das mais diversas atividades do nosso dia a dia, bem como o desenvolvimento e a manutenção da vida, demanda energia. Os seres vivos obtêm energia por meio de reações químicas envolvendo substâncias presentes no ambiente. Por exemplo, diversos animais, incluindo os seres humanos, obtêm essas substâncias por meio da alimentação. Parte da energia envolvida em uma transformação química ou física pode realizar trabalho e outra parte, não, como definido no **Tema 1**. Vamos começar estudando os processos de absorção e liberação de energia na forma de calor em transformações químicas, objeto de estudo da área de conhecimento denominada **Termoquímica**.

Processos endotérmicos e exotérmicos

Para estudar as transferências de calor, é necessário delimitar o objeto de interesse, ou seja, o sistema. Tudo o que estiver em contato direto com o sistema é considerado vizinhança.

A fusão do gelo é um **processo endotérmico**, em que ocorre transferência de calor da vizinhança para o sistema. A reação de combustão – por exemplo, na queima do gás de cozinha no queimador do fogão – é um **processo exotérmico**, pois o calor é transferido do sistema para a vizinhança.

A transferência de calor pode ser verificada por meio da variação de temperatura do sistema. Imagine dois corpos, A e B, em diferentes temperaturas, T_A e T_B, em que $T_A > T_B$. Se esses corpos forem colocados em contato, ocorrerá transferência de calor de A para B. A energia térmica é transferida espontaneamente do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, cessando quando ambos atingem o equilíbrio térmico. O calor transferido pode alterar a energia de um sistema, ou seja, sua capacidade de realizar trabalho.

O calor transferido que leva à mudança de temperatura é denominado **calor sensível**, característico de processos em que não ocorre mudança de fase. A transferência de calor que promove a mudança de fase da substância – por exemplo, sólida para líquida, gasosa para líquida – recebe o nome de **calor latente**, processo em que não se verifica alteração na temperatura, apesar da transferência de energia.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a quantidade de calor, assim como o trabalho, é medida em joule (J), mas também é comum o uso da unidade caloria (cal), que apresenta a seguinte relação com o joule: 1 cal = 4,184 J. Uma caloria (1 cal) pode ser definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 g de água de 14,5 °C a 15,5 °C.

Fique por dentro

Química geral em quadrinhos
GONICK, L.; CRIDDLE, C. Tradução: Henrique E. Toma. São Paulo: Blucher, 2013.

No capítulo 5, a obra trata de forma lúdica dos assuntos trabalhados neste Tema.

A medida do calor envolvido nas transformações

Ao colocar uma panela com água em um queimador de fogão, percebe-se que a energia liberada pela combustão do gás de cozinha é transferida para a panela e para a água. Assim, a temperatura da panela aumenta e, consequentemente, também aumenta a temperatura da água dentro da panela. Contudo, não podemos afirmar que todo o calor gerado na combustão do gás de cozinha é transferido para a água, porque uma parte é transferida para a panela e outra parte é dissipada para o ambiente.

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

MODERNA

Para isolar termicamente o sistema e medir o calor envolvido nas transformações, é utilizado um equipamento chamado **calorímetro**. Ele permite monitorar as transferências de calor por meio das alterações de temperatura provocadas por essas transferências. Existem diversos tipos de calorímetro; o exemplo representado na **Figura 2.1** é denominado calorímetro de bomba.

Para que a variação da temperatura medida seja corretamente interpretada, é necessário que o calorímetro tenha sido previamente calibrado.

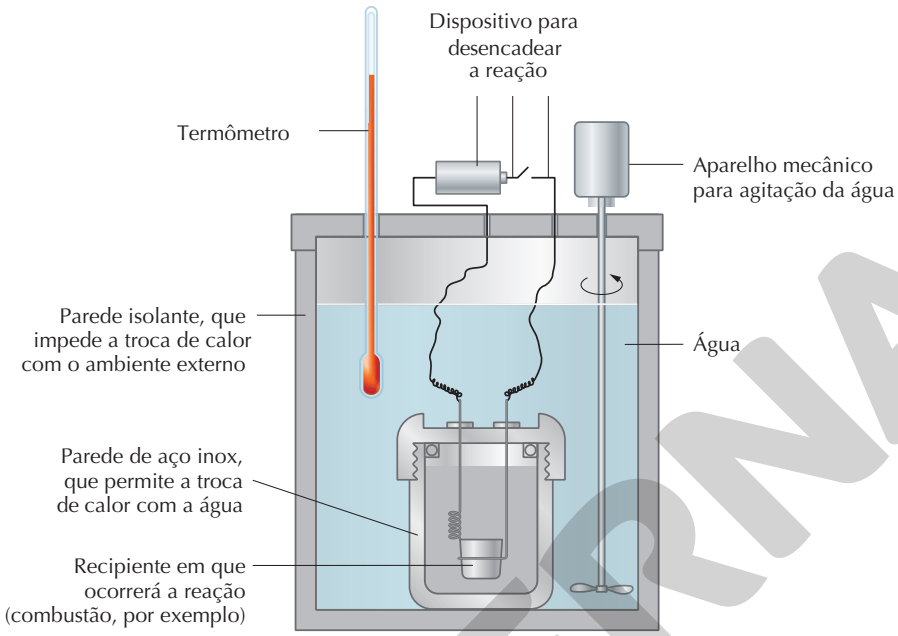


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Figura 2.1 Esquema em corte transversal mostrando o funcionamento de um calorímetro de bomba. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O **mol**, cujo símbolo é mol, é a unidade do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de matéria. Um mol contém exatamente $6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ entidades químicas (átomos, moléculas, íons, partículas elementares etc.). Esse número é o valor fixado da constante de Avogadro.

Nesse tipo de calorímetro, a água tem sua temperatura alterada em razão das transferências de calor ocorridas durante o processo que está sendo estudado. Assim, parte do calor envolvido nas transformações pode ser calculada utilizando os valores da variação de temperatura, da massa e da capacidade calorífica específica da água, aplicando-os na equação fundamental da calorimetria:

$$Q = m\, c_p\, \Delta T$$

Em que:

Q = quantidade de calor envolvida

m = massa de água

c_p = capacidade calorífica específica da água à pressão constante

ΔT = variação de temperatura da água

A **capacidade calorífica específica**, ou calor específico, é uma propriedade intensiva característica dos materiais que reflete a observação de que alguns esfriam ou esquentam mais facilmente do que outros, considerando-se igual quantidade de calor transferido entre sistema e vizinhança. A unidade de medida para essa propriedade é $J\,g^{-1}\,°C^{-1}$. Também é possível utilizar a **capacidade calorífica molar**, uma propriedade intensiva que é medida em $J\,mol^{-1}\,K^{-1}$. Em geral, as capacidades caloríficas dependem da temperatura e diminuem à medida que esta se reduz. No entanto, sobre pequenas variações de temperatura, a variação na capacidade calorífica pode ser admitida como nula em cálculos aproximados. Note na **Tabela 2.1** que o calor específico depende da fase em que a substância está.

Tabela 2.1 Capacidade calorífica específica da água em diferentes fases à pressão constante (0 °C)

Material	c_p ($J\,g^{-1}\,°C^{-1}$)
Água (sólida)	2,10
Água (líquida)	4,22
Água (vapor)	1,87

Fonte consultada: CURRY, J. A.; WEBSTER, P. J. *Thermodynamics of atmospheres & oceans*. San Diego: Academic Press, 1999.

De acordo com a equação fundamental da calorimetria, a quantidade de calor necessária para elevar em 1 °C, à pressão constante, a temperatura de 45 kg de água em fase líquida (massa de água corporal aproximada de um ser humano adulto com cerca de 70 kg) é:

$$Q = 45.000\ g \cdot \frac{4{,}18\ J}{g\ °C} \cdot 1\ °C \ \therefore$$

$$\therefore\ Q = 188.100\ J = 188{,}1\ kJ$$

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

MODERNA

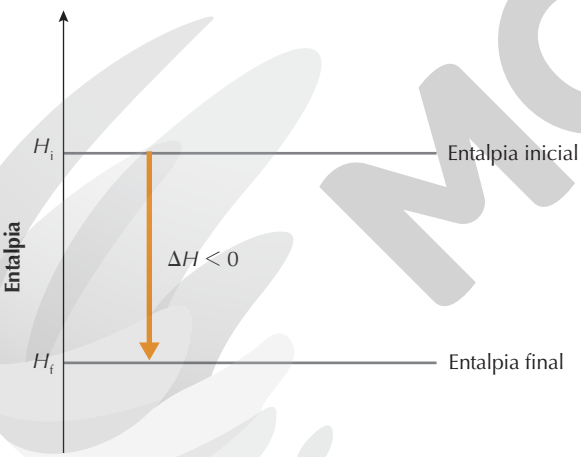
Entalpia

A **Termodinâmica** é a ciência relacionada ao estudo das transformações e transferências de energia. De acordo com a primeira lei da Termodinâmica, a energia é constante no Universo, ou seja, ela não pode ser criada nem destruída. Em outras palavras, a energia é conservada em um sistema isolado durante as transformações químicas ou físicas. Nesse contexto, a **entalpia** (H) é definida como uma função matemática relacionada à quantidade de energia de um sistema, disponível na forma de calor, à pressão constante.

A **variação de entalpia** (ΔH) das reações e das mudanças de fase é numericamente igual à quantidade de calor transferido nessas transformações à pressão constante. Essa variação é obtida pela diferença entre a entalpia final (H_f) e a entalpia inicial (H_i) do sistema em uma determinada temperatura e à pressão constante ($\Delta H = H_f - H_i$). A pressão constante é condição básica que se verifica em qualquer reação feita sob pressão atmosférica.

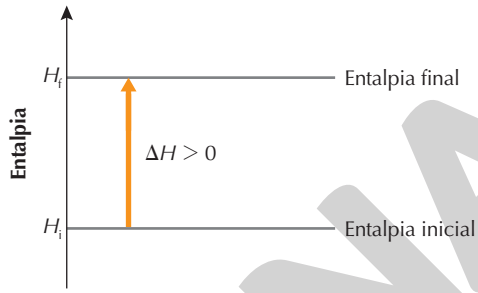
Nos processos exotérmicos, a entalpia inicial do sistema é sempre maior que a final ($H_i > H_f$), uma vez que, durante a transformação, ocorre transferência de calor do sistema para a vizinhança. Como consequência, a variação de entalpia em processos exotérmicos sempre será um valor negativo ($\Delta H < 0$). Esses processos costumam ser representados por meio de diagramas, como o da **Figura 2.2**.

Figura 2.2 Variação de entalpia para processos exotérmicos



Isso é o que ocorre em uma reação de combustão, por exemplo, em que a queima de um combustível, como o carvão, libera energia, que é transferida para a vizinhança. Já nos processos endotérmicos, ocorre o oposto: a entalpia inicial do sistema é menor que a final ($H_i < H_f$), uma vez que ocorre transferência de calor da vizinhança para o sistema ao longo do processo. Assim, a variação da entalpia nos processos endotérmicos sempre terá um valor positivo ($\Delta H > 0$). Os processos endotérmicos também costumam ser representados por meio de diagramas, como o da **Figura 2.3**. Um exemplo desse processo é a mudança de fase da água líquida para vapor: inicialmente, o sistema formado pela água líquida apresenta uma entalpia menor do que o sistema formado pelo vapor-d'água no final do processo, pois ocorre transferência de calor da vizinhança.

Figura 2.3 Variação de entalpia em processos endotérmicos



De acordo com a simbologia determinada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (em inglês, *International Union of Pure and Applied Chemistry* – IUPAC) para a variação de entalpia, a transformação química ou física é indicada de modo subscrito entre o Δ e o H, como em $\Delta_r H$ e $\Delta_{vap} H$. Entretanto, algumas referências apresentam a simbologia ΔH_r. Apesar de comum, essa forma de representação não é recomendada pela IUPAC.

Variação de entalpia nas reações químicas

A medida de variação de entalpia em reações químicas é aplicada na escolha de materiais para combustíveis, em projetos de instalações químicas e no estudo de processos bioquímicos essenciais para a manutenção da vida.

A utilização do hidrogênio como combustível, por exemplo, está sendo pesquisada em vários países por causa dos benefícios ambientais envolvidos, uma vez que sua combustão gera apenas vapor-d'água como subproduto, e não gás carbônico, que intensifica o efeito estufa. A combustão de 1 mol de gás hidrogênio, a 25 °C e 1 bar (1 bar = 100 kPa ≈ 0,99 atm), libera 241,8 kJ, ou seja:

$$H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow H_2O(g)$$

$$\Delta_r H = -241{,}8 \text{ kJ (a 25 °C e 1 bar)}$$

Essa equação química, que mostra a variação da entalpia da reação (representada por $\Delta_r H$) associada a pressão e temperatura específicas, é chamada de **equação termoquímica**.

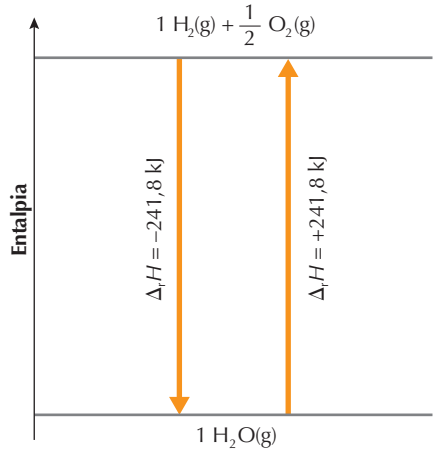
Observe na **Figura 2.4** o diagrama de entalpia da reação de combustão de 1 mol de gás hidrogênio. O processo inverso, e à mesma temperatura, de decomposição de 1 mol de água em fase gasosa em gás hidrogênio e gás oxigênio também está representado.

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 2.4 Variação de entalpia (25 °C, 1 bar) em $1\ H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \rightleftharpoons 1\ H_2O(g)$



Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Como vemos no gráfico, a reação inversa da combustão do gás hidrogênio, nas mesmas condições, apresenta o mesmo valor absoluto de entalpia, mas com sinal oposto.

$$1\ H_2O(g) \longrightarrow 1\ H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g)$$

$$\Delta_r H = +241{,}8\ kJ\ (a\ 25\ °C\ e\ 1\ bar)$$

Os coeficientes estequiométricos indicam a proporção em quantidade de matéria das substâncias que compõem o sistema reacional. No caso anterior, a variação de entalpia é o resultado da combustão de 1 mol de gás hidrogênio. Se forem empregados 2 mol de gás hidrogênio, a variação de entalpia também será o dobro:

$$2\ H_2(g) + 1\ O_2(g) \longrightarrow 2\ H_2O(g)$$

$$\Delta_r H = -483{,}6\ kJ$$

Ou seja, a energia que acompanha uma reação é proporcional à quantidade de matéria envolvida nessa reação.

Fatores que afetam a variação de entalpia

As partículas de um corpo sólido ou líquido mantêm-se agregadas graças às interações existentes entre elas. Mudanças de fase em que as partículas ficam mais separadas, como a fusão ou a vaporização, requerem energia para superar essas interações e, portanto, são endotérmicas. Já mudanças de fase como a condensação ou a solidificação são exotérmicas.

Quando as mudanças de fase ocorrem à pressão constante, a transferência de calor que acompanha o processo é igual à variação de entalpia da substância. Por exemplo, sabe-se experimentalmente que a quantidade de calor transferido da vizinhança para a evaporação de 1 mol de água a 25 °C é 44,0 kJ – de forma simplificada, dizemos que esse processo absorve 44,0 kJ:

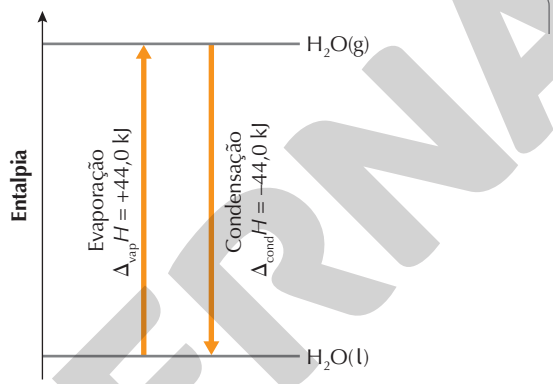
$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta_{vap}H = +44{,}0\ kJ$$

O processo inverso à evaporação é a condensação, que, para 1 mol de água a 25 °C, envolve a transferência de 44,0 kJ do sistema para a sua vizinhança, ou seja, o sistema libera 44,0 kJ:

$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta_{cond}H = -44{,}0\ kJ$$

É possível perceber que os valores absolutos da variação de entalpia nos dois processos, com a mesma temperatura e à pressão constante, são os mesmos, apenas o sinal é oposto. Observe o processo representado graficamente na **Figura 2.5**.

Figura 2.5 Variação de entalpia (25 °C, 1 bar) em $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$



Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Já a fusão de 1 mol de água a 0 °C absorve 6,0 kJ, ou seja:

$$H_2O(s) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta_{fus}H = +6{,}0\ kJ$$

O processo inverso, a solidificação da água a 0 °C, libera 6,0 kJ de calor, ou seja:

$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(s) \qquad \Delta_{solid}H = -6{,}0\ kJ$$

A mudança na fase de uma ou mais espécies químicas altera o valor de $\Delta_r H$ da reação. Isso ocorre porque, como estudamos anteriormente, durante as mudanças de fase, as substâncias absorvem ou liberam energia, resultando em uma mudança no valor de $\Delta_r H$ da reação de que essa substância participa. Veja a seguir as variações de entalpia das reações de combustão a 25 °C e 1 bar.

$$1\ H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \longrightarrow 1\ H_2O(l) \qquad \Delta_r H = -285{,}8\ kJ$$

$$1\ H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \longrightarrow 1\ H_2O(g) \qquad \Delta_r H = -241{,}8\ kJ$$

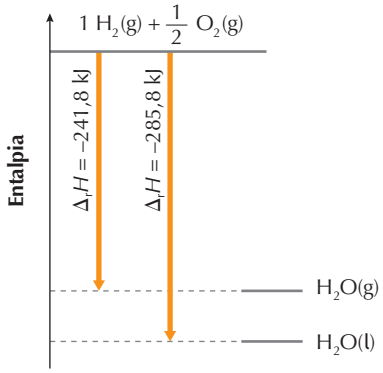
O diagrama de entalpia da **Figura 2.6** representa os processos descritos. Note que, nas mesmas condições de temperatura e pressão, a diferença entre o calor transferido na reação que produz 1 mol de água líquida (−285,8 kJ) e na produção de 1 mol de água na fase gasosa (−241,8 kJ) é igual ao calor transferido na passagem de 1 mol de água da fase gasosa para a fase líquida (−44,0 kJ). Essas e outras interpretações dos diagramas de entalpia e das equações termoquímicas são utilizadas para calcularmos a variação de entalpia de sistemas mais complexos, como veremos nos próximos tópicos.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Figura 2.6 Variação de entalpia (25 °C, 1 bar) na formação da água



Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Além do estado de agregação, mudanças estruturais no arranjo dos átomos nas moléculas podem alterar o valor da entalpia. O diamante e a grafite (**Fig. 2.7**), que serão representados por C(diam) e C(graf), respectivamente, são substâncias formadas por átomos do mesmo elemento químico, o carbono; mas por que elas são tão diferentes?

VIRGINIA MAYO/AP PHOTO/GLOWIMAGES

MIRONOV56/SHUTTERSTOCK

Figura 2.7 **(A)** Diamante. **(B)** Grafite. Esses minerais costumam ser encontrados na natureza associados a outros elementos químicos, como cálcio, silício e alguns metais.

A razão é a forma como os átomos de carbono se ligam e formam as estruturas cristalinas do diamante e da grafite (**Fig. 2.8**). Para a formação de grafite na natureza, as condições de pressão e de temperatura necessárias são muito mais brandas do que para a formação do diamante, que exige muita compressão e temperatura elevada. A transformação de 1 mol de grafite em diamante absorve 1,9 kJ. Na natureza, essas condições estão presentes a uma profundidade de cerca de 150 quilômetros no interior do manto terrestre. O fenômeno em que o mesmo elemento químico forma substâncias simples diferentes é denominado **alotropia**. O oxigênio, por exemplo, apresenta duas formas alotrópicas: o gás oxigênio (O_2) e o gás ozônio (O_3).

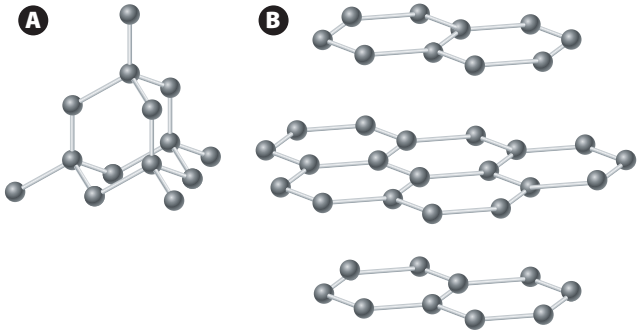


Figura 2.8 Representação esquemática do arranjo cristalino do diamante **(A)** e da grafite **(B)**, duas variedades alotrópicas de ocorrência natural do elemento químico carbono. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Os conceitos de substância simples e composta são dados na Unidade **Humanos, metais e máquinas**.

:: Lei de Hess e entalpia-padrão

Combinando reações

No século XIX, em meio aos esforços para construir um modelo teórico que explicasse os processos envolvidos na produção de energia pelas máquinas a vapor, o médico e químico suíço Germain Henri Hess (1802-1850) demonstrou que a entalpia de uma transformação não depende do caminho pelo qual ela se processa, mas dos estados inicial e final do sistema. Observe o esquema da **Figura 2.9**, em que a variação de entalpia da reação correspondente ao processo estado inicial ⟶ estado final, $\Delta_r H$, é dada por $\Delta_1 H + \Delta_2 H$ (caminho I) ou $\Delta_3 H + \Delta_4 H + \Delta_5 H$ (caminho II). Para qualquer um dos casos, o valor de $\Delta_r H$ é o mesmo.

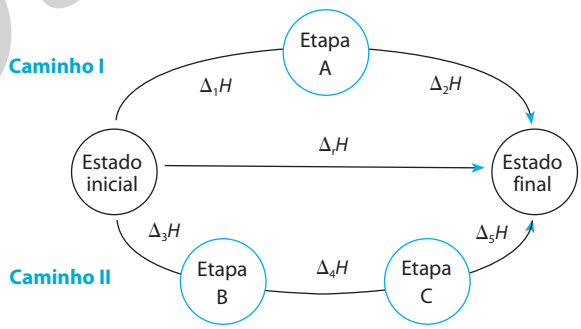


Figura 2.9 De acordo com a lei de Hess, a variação de entalpia de uma reação que ocorre em diversas etapas é dada pela soma das variações de entalpia de cada etapa individual.

Assim, em uma transformação que se processa em diversas etapas, o valor de ΔH é dado pela soma das variações de entalpia das etapas individuais e não depende do caminho pelo qual a transformação se processa – desde que os estados inicial e final sejam idênticos. Essa lei ficou conhecida como **lei de Hess**.

Para exemplificar, examinemos a reação de combustão do carbono na forma de grafite, em fase sólida, representado por C(graf), com formação de dióxido de carbono:

$$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

A temperatura não faz parte da definição de estado-padrão, porém a maior parte dos dados termodinâmicos é registrada a 25 °C (298 K). Portanto, os valores de $\Delta H°$ apresentados nesta obra se referem a 298 K, a menos que outra temperatura seja indicada.

Vamos considerar que essa reação acontece em duas etapas. A primeira é a produção de monóxido de carbono, a 25 °C e 1 bar:

$$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \quad \Delta_1 H = -110{,}5\,kJ$$

A segunda etapa é a produção de dióxido de carbono a partir do monóxido de carbono, a 25 °C e 1 bar:

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta_2 H = -283{,}0\,kJ$$

Esse processo, que ocorre em duas etapas, é exemplo de uma sequência de reações cujos produtos de uma reação são reagentes da outra. Nas mesmas condições de temperatura e pressão, a equação da reação global é a soma das equações das etapas intermediárias:

$$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow \cancel{CO(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_2(g)} \quad \Delta_1 H = -110{,}5\,kJ$$

$$\cancel{CO(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_2(g)} \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta_2 H = -283{,}0\,kJ$$

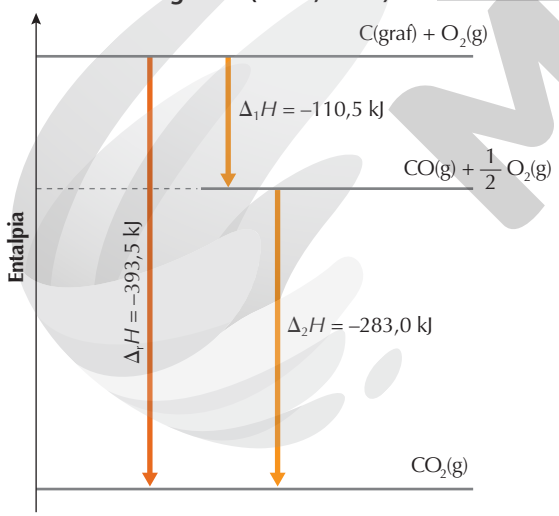
$$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta_r H = -393{,}5\,kJ$$

O cálculo para a variação de entalpia por meio da lei de Hess aplica-se a todas as transformações químicas e físicas. Essa lei torna possível a previsão sobre os aspectos energéticos das reações, incluindo aquelas difíceis ou não realizáveis em laboratório, como é o caso dos processos que ocorrem no interior de uma célula. Sua aplicação também permite que um número relativamente pequeno de medidas experimentais seja necessário para calcular o valor de $\Delta_r H$ de diversas reações.

Observe na **Figura 2.10** o diagrama de entalpia da reação de combustão de 1 mol de grafite realizada em uma e em duas etapas.

ADILSON SECCO

Figura 2.10 Variação de entalpia da combustão da grafite (25 °C, 1 bar)



Fonte consultada: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Note que, com a soma das reações intermediárias, a quantidade de calor liberada pela combustão de 1 mol de C(graf) não depende do número de etapas em que a reação acontece.

Entalpia-padrão

Sabemos que a quantidade de calor liberado ou absorvido em uma reação química depende do estado de agregação dos reagentes e dos produtos, incluindo as condições de temperatura e de pressão. O **estado-padrão** de uma substância refere-se a sua forma pura à pressão de 1 bar, ou concentração de 1 mol L^{-1}, quando se refere a uma substância em solução. O mesmo raciocínio pode ser usado na variação de entalpia; logo, a variação de **entalpia-padrão** ($\Delta H°$) de uma reação é a variação de entalpia quando todos os reagentes e produtos estão em seu estado-padrão à pressão de 1 bar.

A **entalpia-padrão de formação** de um composto, $\Delta_f H°$, é a variação de entalpia da reação que forma 1 mol de composto a partir de substâncias simples, todas em seu estado-padrão e sob pressão de 1 bar. A entalpia-padrão de formação é expressa em kJ mol^{-1} e deve indicar a substância formada e seu estado de agregação. Se a substância simples existir em mais de uma forma sob condições-padrão, sua forma mais estável será utilizada para representar a reação.

Utilizaremos a formação da glicose como exemplo:

$$6\,C(graf) + 6\,H_2(g) + 3\,O_2(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s)$$

$$\Delta_f H° = -1.268\ kJ\ mol^{-1}$$

Os valores da variação de entalpia-padrão de formação referem-se à substância formada, ou seja, a reação representada anteriormente libera 1.268 kJ por mol de glicose produzida em fase sólida.

Por definição, o valor de variação de entalpia de formação da variedade alotrópica mais estável de qualquer substância simples é igual a zero em todas as temperaturas. Ou seja, os valores de $\Delta_f H°$ relativos a C(graf), $H_2(g)$ e $O_2(g)$ são, por definição, iguais a zero, assim como os de outras substâncias simples em sua forma mais estável e em seu estado-padrão. Alguns valores de entalpia de formação para diferentes compostos são apresentados na **Tabela 2.2**.

Tabela 2.2 Entalpia-padrão de formação de alguns compostos (25 °C, 1 bar)

Substância	Fórmula	$\Delta_f H°$ (kJ mol^{-1})
Amônia	$NH_3(g)$	−45,9
Monóxido de carbono	CO(g)	−110,5
Água	$H_2O(l)$	−285,8
	$H_2O(g)$	−241,8
Dióxido de carbono	$CO_2(g)$	−393,5
Carbono (diamante)	C(diam)	+1,9
Dióxido de nitrogênio	$NO_2(g)$	+33,2
Eteno	$C_2H_4(g)$	+52,4
Monóxido de nitrogênio	NO(g)	+91,3

Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Se julgar conveniente, comente com os estudantes que a exceção é o fósforo, cujo estado de referência é o fósforo branco. Embora esta não seja a variedade alotrópica mais estável, ela é a mais reprodutível e fácil de se obter.

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

MODERNA

A **entalpia-padrão de combustão** de um composto, $\Delta_c H°$, é a variação de entalpia da reação de combustão completa de 1 mol de composto em seu estado-padrão. Os produtos da combustão completa de compostos orgânicos são o gás dióxido de carbono e a água, se eles contiverem apenas átomos dos elementos químicos carbono, hidrogênio e oxigênio. Veja a seguir o valor de $\Delta_c H°$, a 25 °C, da glicose ($C_6H_{12}O_6$):

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \longrightarrow 6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \qquad \Delta_c H° = -2.807{,}8\ kJ\ mol^{-1}$$

Os valores das entalpias-padrão de combustão dos compostos permitem compará-los de acordo com a quantidade de energia que cada unidade de massa, ou de volume, de combustível libera nessa reação. Essa medida de comparação é conhecida como **poder calorífico**. O poder calorífico médio de glicídios e proteínas é 17 kJ g^{-1} e o de lipídios, 38 kJ g^{-1}.

Aplicações das entalpias-padrão e lei de Hess

Há uma grande quantidade de valores de $\Delta_f H°$ e de $\Delta_c H°$ tabelados em obras de referência. Esses valores com a lei de Hess são utilizados com frequência para determinar a variação de entalpia de outras reações. Esse cálculo pode ser feito de diferentes formas, como será demonstrado para a reação de formação da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), principal constituinte do açúcar refinado.

$$12\ C(graf) + 11\ H_2(g) + \frac{11}{2}\ O_2(g) \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11}(s) \qquad \Delta_f H° = ?$$

Primeiro, listam-se os valores disponíveis de variação de entalpia de formação das substâncias, considerando os estados de agregação:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(s) + 12\ O_2(g) \longrightarrow 12\ CO_2(g) + 11\ H_2O(l) \qquad \Delta_c H° = -5.645\ kJ\ mol^{-1}$$

$$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta_f H° = -393{,}5\ kJ\ mol^{-1}$$

$$H_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta_f H° = -285{,}8\ kJ\ mol^{-1}$$

As variações de entalpia de formação do gás oxigênio, do gás hidrogênio e da grafite, por definição, são iguais a zero; por esse motivo, elas não foram relacionadas. Para o cálculo da variação de entalpia de reação, vamos utilizar a expressão:

$$\Delta_r H° = \sum n\Delta_f H°(produtos) - \sum n\Delta_f H°(reagentes)$$

Em que $\sum n\Delta_f H°(produtos)$ e $\sum n\Delta_f H°(reagentes)$ representam a soma das entalpias-padrão de formação de cada substância ($\Delta_f H°$) nos reagentes e produtos, respectivamente, considerando a quantidade de matéria (n) de cada substância envolvida.

Passo 1:

$$\sum n\Delta_f H°(produtos) = (12\ mol) \cdot \Delta_f H°(CO_2,g) + (11\ mol) \cdot \Delta_f H°(H_2O,l)$$

$$\sum n\Delta_f H°(produtos) = 12\ mol \cdot \left(-\frac{393{,}5\ kJ}{mol}\right) + 11\ mol \cdot \left(-\frac{285{,}8\ kJ}{mol}\right)$$

$$\sum n\Delta_f H°(produtos) = -4.722\ kJ + (-3.143{,}8\ kJ)$$

$$\sum n\Delta_f H°(produtos) = -7.865{,}8\ kJ$$

Passo 2:

$$\sum n\Delta_f H°(reagentes) = 1\ mol \cdot \Delta_f H°(C_{12}H_{22}O_{11},s) + 12\ mol \cdot \Delta_f H°(O_2,g)$$

$$\sum n\Delta_f H°(reagentes) = 1\ mol \cdot \Delta_f H°(C_{12}H_{22}O_{11},s)$$

$$\sum n\Delta_f H°(reagentes) = \Delta_f H°(C_{12}H_{22}O_{11},s) \cdot mol$$

Passo 3:

$$\Delta_r H° = \sum n\Delta_f H°(produtos) - \sum n\Delta_f H°(reagentes)$$

$$1\ mol \cdot (-5.645\ kJ\ mol^{-1}) = -7.865{,}8\ kJ - \Delta_f H°(C_{12}H_{22}O_{11},s) \cdot mol$$

$$\Delta_f H°(C_{12}H_{22}O_{11},s) \cdot mol = -7.865{,}8\ kJ + 5.645\ kJ$$

$$\Delta_f H°(C_{12}H_{22}O_{11},s) = -2.220{,}8\ kJ\ mol^{-1}$$

No exemplo da reação a seguir, de combustão da glicose ($C_6H_{12}O_6$,s), utilizamos outro método para o cálculo de $\Delta_c H°$, com base nos valores de $\Delta_f H°$:

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

MODERNA

$C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \longrightarrow 6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)\quad \Delta_cH° = ?$

Sendo conhecidos os seguintes valores de $\Delta_fH°$, temos:

$6\ C(graf) + 6\ H_2(g) + 3\ O_2(g) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s)\quad \Delta_fH° = -1.268\ kJ\ mol^{-1}$

$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)\quad \Delta_fH° = -393{,}5\ kJ\ mol^{-1}$

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)\quad \Delta_fH° = -285{,}8\ kJ\ mol^{-1}$

Empregando a lei de Hess, invertemos a primeira equação e multiplicamos a segunda e a terceira por 6. Obtemos, pela soma das equações parciais, a equação global que representa a combustão da glicose:

$C_6H_{12}O_6(s) \longrightarrow 6\ C(graf) + 6\ H_2(g) + 3\ O_2(g)\quad \Delta H_1 = 1.268\ kJ$

$6\ C(graf) + 6\ O_2(g) \longrightarrow 6\ CO_2(g)\quad \Delta H_2 = -2.361\ kJ$

$6\ H_2(g) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 6\ H_2O(l)\quad \Delta H_3 = -1.714{,}8\ kJ$

$C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \longrightarrow 6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)\quad \Delta_cH = ?$

$\Delta_cH = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

$\Delta_cH = (1.268\ kJ) + (-2.361\ kJ) + (-1.714{,}8\ kJ)$

$\Delta_cH = -2.807{,}8\ kJ$

O valor calculado é referente a 1 mol de glicose no estado-padrão; logo, esse valor pode ser representado da seguinte forma:

$\Delta_cH°(C_6H_{12}O_6,s) = -2.807{,}8\ kJ\ mol^{-1}$

Antes de aplicar a lei de Hess na determinação das variações de entalpia, é necessário avaliar os dados disponíveis para escolher a melhor estratégia de resolução.

Estrutura atômica e os modelos de ligação covalente são estudados na Unidade **Explorando o Universo e a vida**.

Energia de ligação

De acordo com a **teoria da ligação de valência**, a formação de ligações químicas covalentes ocorre por sobreposição dos orbitais de dois átomos. Pode-se formar tanto uma ligação química por sobreposição frontal de orbitais, chamada de ligação σ, quanto por sobreposição lateral de orbitais atômicos, chamada de ligação π. Dessa forma, todas as ligações simples são ligações σ; nas ligações duplas e triplas, uma delas é σ e as demais são ligações π.

De modo geral, a ligação formada por sobreposição frontal de orbitais libera mais energia em seu rompimento do que a ligação formada por sobreposição lateral. No entanto, outros fatores, como o tamanho dos átomos e a presença nas camadas de valência de elétrons não ligantes, contribuem para o valor final da energia das ligações.

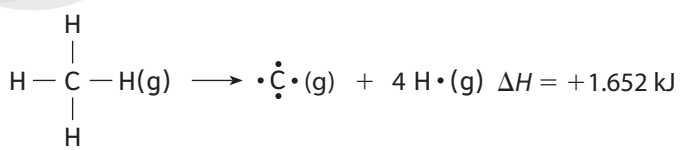
Entalpia de ligação

A **entalpia de ligação** ($\Delta_{lig}H$) é a variação de entalpia associada ao rompimento de 1 mol de determinado tipo de ligação química de uma substância em fase gasosa à pressão constante. Por exemplo, a entalpia de ligação da molécula de Cl_2 é a variação de entalpia quando 1 mol de Cl_2 na fase gasosa é dissociado em átomos de cloro na fase gasosa.

Caso os estudantes não estejam familiarizados com a notação de Lewis para o átomo em que são representados os elétrons de valência, esclareça o significado dos símbolos, ressaltando que o número de elétrons representados pode ser encontrado de acordo com a posição dos elementos químicos na tabela periódica.

Portanto, $\Delta_{lig}H\ (Cl — Cl) = +242\ kJ\ mol^{-1}$.

Em relação às moléculas diatômicas, como o Cl_2, o valor da entalpia de ligação é a energia necessária para romper 1 mol da ligação que existe nas moléculas. Entretanto, para moléculas poliatômicas, como o metano, CH_4, devemos utilizar a entalpia média das ligações. Veja o exemplo a seguir.



Caso necessário, relembre aos estudantes que os traços utilizados para representar a fórmula estrutural das substâncias moleculares correspondem a um par de elétrons da ligação covalente estabelecida entre aqueles átomos.

O valor de ΔH acima representa a energia necessária para quebrar 4 mol de ligações C — H; dessa forma, o valor da entalpia de ligação é igual ao valor de $\frac{\Delta H}{4}$.

Portanto, $\Delta_{lig}H\ (C — H) = +413\ kJ\ mol^{-1}$.

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

Perceba que os dois valores de entalpia de ligação relacionados são positivos, pois, para romper ligações, sempre é necessário fornecer energia às moléculas. Contrariamente, a formação de ligações sempre envolve transferência de energia das moléculas para a vizinhança. Em outras palavras, o rompimento de uma ligação química é um processo endotérmico, enquanto a formação de uma ligação química é um processo exotérmico. A **Tabela 2.3** apresenta alguns dados de energia de ligação que correspondem a valores médios de entalpias de ligação.

Tabela 2.3 Entalpias de ligação médias em kJ mol^{-1} (25 °C, 1 bar)

Ligação química	$\Delta_{lig}H$	Ligação química	$\Delta_{lig}H$	Ligação química	$\Delta_{lig}H$
C — H	413	C — C	348	C — N	293
C — O	358	N — H	391	N — N	163
N — O	201	O — H	463	O — O	146
C — Cl	328	Br — Br	193	I — I	151
H — H	436	H — Cl	431	Si — H	323
Si — O	368	S — S	266	C = C	614
N = N	418	O = O	495	C = N	615
C = O	799	N = O	607	C ≡ C	839
C ≡ N	891	N ≡ N	941	C — F	485

Fonte: BROWN, T. L. *et al. Química*: a Ciência central. Tradução: Eloiza Lopez, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Aplicações da entalpia de ligação

Os dados apresentados na **Tabela 2.3** nos permitem estimar os valores das entalpias de reação. Esse cálculo aproximado possibilita determinar se uma reação é endotérmica ou exotérmica, empregando apenas a lei de Hess como ferramenta. Para compreender como o cálculo da variação de entalpia da reação pode ser feito utilizando os valores médios de entalpia de ligação, vamos analisar novamente a equação química da reação de combustão do gás hidrogênio, um combustível de maior conteúdo energético que o etanol, por exemplo.

$$\underbrace{H - H(g)}_{} + \underbrace{\frac{1}{2}\,O = O(g)}_{} \longrightarrow \underbrace{H - O - H(g)}_{}$$

$$\underbrace{\left[1\ \text{mol} \cdot (+436\ \text{kJ mol}^{-1})\right] + \left[\frac{1}{2}\ \text{mol} \cdot (+495\ \text{kJ mol}^{-1})\right]}_{+683{,}5\ \text{kJ}} \qquad \underbrace{2\ \text{mol} \cdot (-463\ \text{kJ mol}^{-1})}_{-926\ \text{kJ}}$$

Ligações rompidas (processo endotérmico) — Ligações formadas (processo exotérmico)

O conceito de energia potencial é trabalhado no **Tema 1**.

Utilizando a lei de Hess, obtemos:

$\Delta_r H = \sum n\Delta_{lig}H_{(rompidas)} + \sum n\Delta_{lig}H_{(formadas)}$

$\Delta_r H = +683{,}5\ \text{kJ} + (-926\ \text{kJ})$

$\Delta_r H = -242{,}5\ \text{kJ}$

O balanço energético do processo de rompimento e formação de ligações é frequentemente chamado de energia potencial química. Note que ela só é utilizável quando as substâncias participam de reações químicas.

O uso das entalpias de ligação médias fornece o valor aproximado da variação de entalpia de uma reação, o que pode levar a pequenas discrepâncias. Como aprendemos anteriormente, essa reação libera 241,8 kJ, diferindo em 0,7 kJ do valor calculado a partir das energias de ligação.

No exemplo a seguir, vamos determinar a entalpia de ligação média para a ligação O — H. Para esse cálculo, consideraremos os seguintes dados:

- Rompimento das ligações da molécula da água em seus átomos:
  $H_2O(g) \longrightarrow 2\,H(g) + O(g)$ $\qquad \Delta_{lig}H = ?$
- Essa reação requer o rompimento de dois mols de ligações O — H por mol de água; portanto:
  $\Delta_r H = 2\,\Delta_{lig}H(O - H)$
- Entalpia de ligação média para o gás hidrogênio:
  $H_2(g) \longrightarrow 2\,H(g)$ $\qquad \Delta_{lig}H = +436{,}0\ \text{kJ mol}^{-1}$
- Entalpia de ligação média para o gás oxigênio:
  $O_2(g) \longrightarrow 2\,O(g)$ $\qquad \Delta_{lig}H = +495{,}0\ \text{kJ mol}^{-1}$

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

MODERNA

- Entalpia-padrão de formação da água:

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \qquad \Delta_f H^\circ = -241{,}8\ kJ\ mol^{-1}$$

Utilizando a lei de Hess, temos:

$$H_2O(g) \longrightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \qquad \Delta H = +241{,}8\ kJ$$
$$H_2(g) \longrightarrow 2\,H(g) \qquad \Delta H = +436{,}0\ kJ$$
$$\frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow O(g) \qquad \Delta H = +\frac{1}{2}\cdot 495{,}0\ kJ$$
$$H_2O(g) \longrightarrow 2\,H(g) + O(g) \qquad 2\,\Delta_{lig}H(O — H) = 925{,}3\ kJ$$

Com o emprego da lei de Hess nos cálculos anteriores, foi obtida a entalpia da reação que equivale à entalpia de ligação de dois mols de ligações entre os átomos de oxigênio e de hidrogênio, presentes na molécula de água. Para determinarmos a entalpia de ligação média para a ligação O — H, devemos dividir o resultado por dois; portanto:

$$\Delta_{lig}H(O — H) \approx 463{,}0\ kJ\ mol^{-1}$$

Dessa forma, pelas energias de ligação podemos estimar, mesmo que de forma aproximada, o valor de entalpia de reação nos estudos dos processos metabólicos.

Correlações com o metabolismo

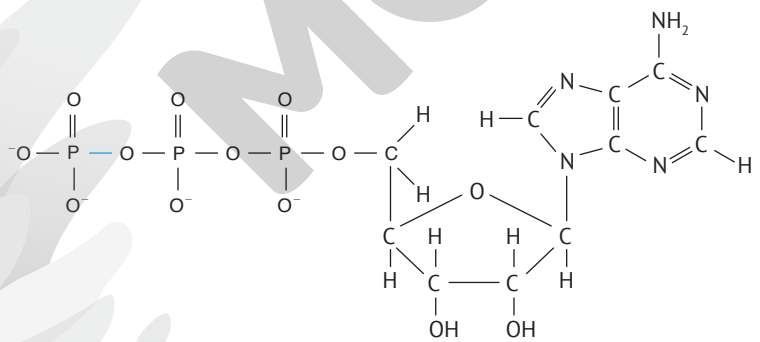
Glicídios, proteínas e lipídios são estudados na Unidade **Vida saudável**.

Chame a atenção dos estudantes para o fato de que tanto os anidridos quanto os ésteres são derivados de ácidos, no caso, ácido fosfórico (H_3PO_4). Se julgar necessário, dê a etimologia da palavra hidrólise (do grego, *hydro* = água, *lysis* = quebra) e comente que essa é uma reação de substituição nucleofílica, em que a água atua como nucleófilo. Esse tipo de reação é estudado na Unidade **Drogas e medicamentos**.

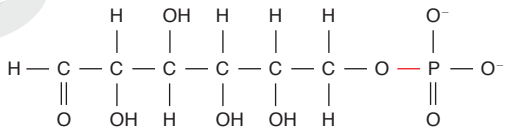
A maior parte da energia de que nosso corpo precisa é obtida por meio da ingestão de glicídios, lipídios e proteínas. Nele, essas moléculas complexas são transformadas em moléculas mais simples, como CO_2, H_2O e NH_3, como o que foi visto na combustão da glicose. No entanto, a obtenção de energia a partir da glicose em nosso organismo não ocorre por meio de uma única reação, mas por etapas sucessivas, fracionando a liberação de energia e acoplando-a a outros processos celulares, como será estudado no **Tema 6**. O conjunto dessas transformações é chamado de **catabolismo**, ou reações catabólicas. O caminho inverso, em que moléculas complexas, como as proteínas, são sintetizadas a partir de aminoácidos, é chamado de **anabolismo**, ou reações anabólicas, e requer energia.

Uma parte da energia obtida a partir dos nutrientes é dissipada como calor e outra parte é armazenada nas ligações químicas de compostos fosfatados ricos em energia, como o trifosfato de adenosina (ATP), e de transportadores de elétrons em sua forma reduzida, os quais serão estudados no **Tema 5**. Esses compostos podem ser considerados o elo entre o catabolismo e o anabolismo.

Os compostos fosfatados ricos em energia são assim denominados porque a reação de hidrólise da ligação P — O nos anidridos fosfóricos (destacada em azul na fórmula estrutural do ATP) libera cerca de duas vezes mais energia quando comparada à reação de hidrólise da ligação P — O nos fosfoésteres (destacada em vermelho na fórmula estrutural da glicose-6-fosfato).



Trifosfato de adenosina



Glicose-6-fosfato

Estima-se que a transformação de 1 mol de glicose em CO_2 e água produza, indiretamente, 30 mol de ATP. A reação de hidrólise de 1 mol de ATP, formando 1 mol de difosfato de adenosina (ADP) e 1 mol de hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}), libera, nas condições-padrão, 24 kJ. Note que a energia liberada na hidrólise de 30 mol de ATP corresponde a uma fração da energia liberada na combustão completa da glicose.

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

Atividades

Registre em seu caderno

1. Considere os processos apresentados a seguir e classifique-os em endotérmicos ou exotérmicos, justificando suas escolhas.

a) O cozimento de alimentos.

b) A evaporação do álcool etílico.

c) A queima da gasolina.

d) A explosão de fogos de artifício.

2. O enxofre elementar (S_8) é um sólido amarelo que pode apresentar duas formas cristalinas diferentes, conhecidas como enxofre monoclínico e enxofre rômbico. A transformação do enxofre rômbico em monoclínico, a 25 °C e 1 bar, ocorre mediante absorção de 33 kJ de energia. Em relação às informações apresentadas, indique a(s) afirmativa(s) correta(s).

a) O enxofre monoclínico e o enxofre rômbico são alótropos porque são substâncias simples formadas por átomos do mesmo elemento químico.

b) A transformação do enxofre rômbico em monoclínico é um processo endotérmico porque ocorre com transferência de calor do sistema para a vizinhança.

c) A transformação do enxofre rômbico em monoclínico é um processo endotérmico porque ocorre com transferência de calor da vizinhança para o sistema.

3. Em dias de temperaturas altas ou quando nos exercitamos, transpiramos para auxiliar na manutenção da temperatura corporal. A evaporação do suor é um processo endotérmico ou exotérmico? Justifique sua resposta.

4. Um farmacêutico precisava preparar uma solução de álcool 70% para ser utilizada como antisséptico. Essa solução contém 70% em massa de etanol em água. Ao misturar o etanol em água, ele observou o aquecimento espontâneo da mistura e concluiu que o processo era exotérmico. Em relação a esse processo, podemos afirmar que a:

a) entalpia final é maior que a inicial.

b) entalpia inicial é maior que a final.

c) variação da entalpia é maior que zero.

d) variação da entalpia é nula.

5. Construa os diagramas de energia para as seguintes transformações:

a) $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta H = +177{,}5\ kJ$

b) $C(diam) \longrightarrow C(graf) \quad \Delta H = -1{,}9\ kJ$

6. (Fuvest-SP) Considere a reação de fotossíntese e a reação de combustão da glicose representadas a seguir.

$$6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l) \xrightarrow{\text{Luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g)$$

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6\ O_2(g) \longrightarrow 6\ CO_2(g) + 6\ H_2O(l)$$

Sabendo que a energia envolvida na combustão de um mol de glicose é $2{,}8 \cdot 10^6$ J, ao sintetizar meio mol de glicose, a planta vai liberar ou absorver energia? Determine o calor envolvido nessa reação.

7. (UFMG) Para se minimizar o agravamento do efeito estufa, é importante considerar-se a relação entre a energia obtida e a quantidade de CO_2 liberada na queima do combustível.

Neste quadro, apresentam-se alguns hidrocarbonetos usados como combustíveis em diferentes circunstâncias, bem como suas correspondentes variações de entalpia de combustão completa:

Hidrocarboneto	ΔH de combustão (kJ mol^{-1})
CH_4	−890
C_2H_2	−1.300
C_3H_8	−2.220
n-C_4H_{10}	−2.880

Tendo-se em vista essas informações, é CORRETO afirmar que, entre os hidrocarbonetos citados, aquele que, em sua combustão completa, libera a maior quantidade de energia por mol de CO_2 produzido é o:

a) CH_4

b) C_2H_2

c) C_3H_8

d) C_4H_{10}

8. Um professor de Química propôs um desafio aos alunos: calcular a variação de entalpia de um processo sem identificar os reagentes e os produtos. Para isso, as seguintes equações termoquímicas foram fornecidas:

$X(g) \longrightarrow Y(g) \quad \Delta_1 H = -70\ kJ\ mol^{-1}$

$X(g) \longrightarrow Z(g) \quad \Delta_2 H = +90\ kJ\ mol^{-1}$

Sabendo que as reações foram realizadas sob as mesmas condições de temperatura e pressão, a variação de entalpia que deve ser calculada é da reação representada por: $Y \longrightarrow Z$

a) Calcule a variação de entalpia da reação e explique como é possível obter tal resultado desconhecendo a identidade de produtos e reagentes.

b) Construa um diagrama de entalpia que represente a resolução do item **a**.

9. O metanol (CH_4O) é empregado como combustível em carros de corrida. Isso ocorre porque, caso haja um acidente e ele entre em combustão, o fogo gerado pode ser apagado facilmente com água sem que se produza fumaça negra, o que atrapalharia as equipes de salvamento. Sabendo que os produtos da combustão do metanol são o gás dióxido de carbono e água na fase líquida, calcule a entalpia de combustão de 2 mol desse composto líquido.

Utilize as seguintes informações para o cálculo:

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

MODERNA

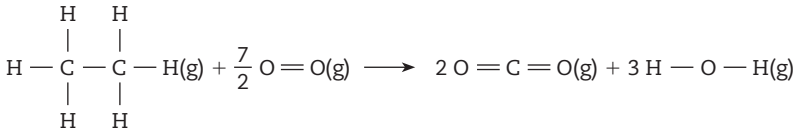
$C(graf) + 2\,H_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) \longrightarrow CH_4O(l)$ $\quad \Delta_f H° = -238{,}6\ kJ\ mol^{-1}$

$C(graf) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta_f H° = -393{,}5\ kJ\ mol^{-1}$

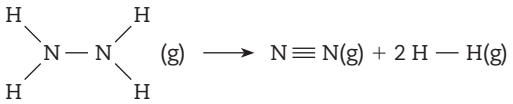
$H_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$ $\quad \Delta_f H° = -285{,}8\ kJ\ mol^{-1}$

10. Utilizando os dados de energia de ligação apresentados na Tabela 2.3, estime o valor de ΔH das reações a seguir, em kJ mol^{-1}.

a)



b)



11. Durante uma aula experimental, o professor pediu aos alunos que observassem a variação de temperatura em um sistema termicamente isolado. Nele, havia três objetos de metal colocados um ao lado do outro em contato direto, um feito de latão, outro de zinco e outro de ferro. Após certo tempo, os alunos verificaram que as temperaturas do zinco e do latão aumentaram. Com base nessa observação, alguns alunos fizeram as seguintes afirmações sobre o que ocorreu no sistema.

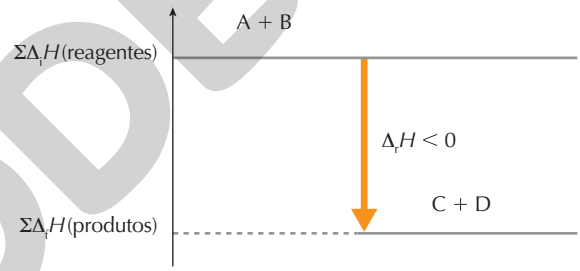
I. O calor foi transferido do objeto de zinco para o de ferro e deste para o de latão.
II. Não houve transferência de calor entre os objetos porque o sistema era termicamente isolado.
III. Houve transferência de calor entre os objetos até que o sistema atingisse o equilíbrio térmico.
IV. A temperatura do objeto de ferro não se alterou durante o experimento.
V. A temperatura do objeto de ferro diminuiu durante o experimento.

Quais afirmações estão corretas e em quais os alunos cometeram algum erro? Justifique.

12. A dissolução de sais em meio aquoso provoca a variação positiva ou negativa de entalpia do sistema, dependendo do sal. Essa propriedade é empregada em compressas térmicas para o tratamento de contusões e estiramentos sofridos durante a prática de exercícios físicos. Para contusões, o mais recomendado são compressas frias, enquanto para estiramentos devem ser usadas compressas quentes.

Suponha que você faça parte da equipe de preparadores físicos, médicos e fisioterapeutas da seleção brasileira feminina de futebol e que algumas jogadoras apresentem sintomas de contusões e estiramentos. Vocês têm à disposição uma bolsa com água contendo dois compartimentos isolados. Um dos compartimentos contém o sal cloreto de cálcio ($CaCl_2$) e o outro contém o sal nitrato de amônio (NH_4NO_3). A 25 °C e 1 bar, as variações de entalpia de dissolução em água são −81,3 kJ e +6,6 kJ para 1 mol de $CaCl_2$ e 1 mol de NH_4NO_3, respectivamente. Decida qual dos sais deve ser dissolvido para ser empregado em cada um dos casos. Explique seu raciocínio.

13. O diagrama a seguir representa a variação de entalpia de uma transformação. Analise-o e determine se as afirmações a seguir são verdadeiras ou falsas, justificando suas respostas.



a) O diagrama representa uma reação endotérmica, porque a entalpia inicial do sistema é maior que a entalpia final.

b) O diagrama pode ser usado para representar o preparo de uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI), uma vez que se observa a diminuição da temperatura da solução.

c) O diagrama pode ser usado para representar o preparo de uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH), uma vez que se observa o aumento da temperatura da solução.

d) O diagrama pode ser usado para representar a vaporização da água líquida.

e) O diagrama pode ser usado para representar a fusão do gelo.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM MODERNA

TEMA 3

Citologia

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6

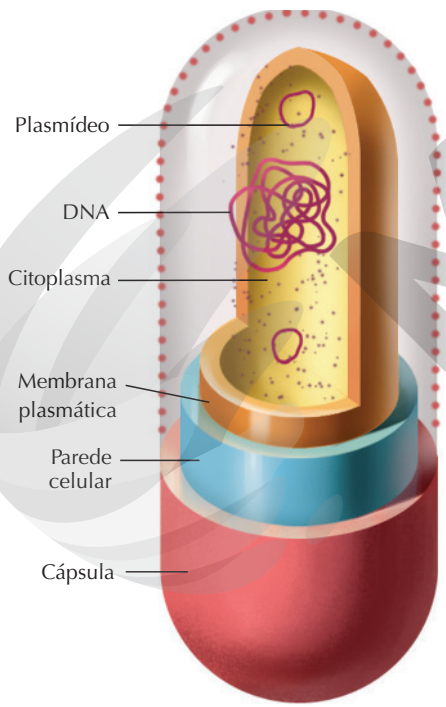
Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT202

A energia é um tema muito discutido na sociedade contemporânea, seja em função da necessidade de se empregarem fontes energéticas mais sustentáveis nas atividades humanas, seja no âmbito da saúde, no que tange à busca por uma alimentação que garanta níveis de energia adequados para o corpo, por exemplo. Todos os seres vivos precisam de energia para sobreviver, e, de acordo com cada tipo de organismo, ela pode ser obtida de diferentes fontes e por diferentes processos. Os processos de transformação de energia nos seres vivos ocorrem nas **células** – elas são a unidade de organização morfológica e funcional dos seres vivos. Conhecer a conformação das células e seu funcionamento nos permite compreender como esses processos ocorrem. Para isso, é necessário saber como as células estão organizadas, como trocam substâncias com o meio e como utilizam e transformam as substâncias em seu interior.

A área da Biologia que estuda as células é a **citologia** (do grego, *cito* = célula; *logos* = estudo) ou **biologia celular**. Ela só começou a se desenvolver a partir do surgimento de instrumentos que, por meio de lentes, tornaram possível ampliar a imagem dos objetos. Esses aparelhos, os microscópios (do grego, *mikrós* = pequeno; *skopeo* = ver, enxergar), possibilitaram o estudo e o conhecimento de estruturas invisíveis a olho nu. É o caso das células, que são, em geral, microscópicas.

Toda célula é delimitada por uma membrana plasmática e contém citoplasma e material genético, o DNA. Há duas grandes categorias de células: as procarióticas e as eucarióticas.

As **células procarióticas** (do grego, *pró* = antes; *karyon* = núcleo) (**Fig. 3.1**) apresentam material genético localizado em uma região do citoplasma chamada **nucleoide**. O citoplasma dessas células é morfologicamente simples e contém **ribossomos**, que são estruturas formadas por proteínas e ácidos nucleicos e relacionadas com a síntese proteica, e moléculas menores de DNA, os **plasmídeos**, com funções diversas. Como regra geral, essas células apresentam **parede celular**, estrutura mais rígida e externa à membrana plasmática. Em muitos casos, a parede celular é revestida por uma **cápsula** de aspecto gelatinoso (polissacarídeos). Seres formados por esse tipo de célula são denominados **procariontes** ou **procariotos** (do grego, *ón* = organismo), como as bactérias e as arqueas.



Fonte: CAMPBELL, N.; REECE, J. B. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 3.1 Representação esquemática de uma bactéria evidenciando sua estrutura interna. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

As **células eucarióticas** (do grego, *eu* = verdadeiro) são, de modo geral, maiores do que as procarióticas. Elas têm um **núcleo**, estrutura delimitada pelo **envoltório nuclear**, que contém em seu interior o material genético (DNA). Nessas células, o citoplasma é estruturalmente mais complexo do que nas células procarióticas, apresentando diversos tipos de compartimentos delimitados por membrana, as **organelas membranosas**, cada uma delas relacionada à execução de funções específicas. A região do citoplasma ao redor das organelas membranosas recebe o nome de **citosol**. Nele, ficam os ribossomos e o **citoesqueleto eucariótico**, uma rede bem desenvolvida de filamentos proteicos relacionados com a sustentação e a movimentação celular. Em alguns procariontes há uma rede equivalente, porém muito reduzida, que compõe o **citoesqueleto procariótico**. Seres formados por células eucarióticas são chamados **eucariontes** ou **eucariotos**; é o caso das plantas, dos animais, dos fungos e das amebas, por exemplo.

Compare, nos esquemas a seguir, as organelas citoplasmáticas de células eucarióticas, considerando como exemplo uma célula animal (**Fig. 3.2**) e uma célula vegetal (**Fig. 3.3**) generalizadas.

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

ILUSTRAÇÃO: EBER EVANGELISTA

Comente com os estudantes que as células apresentadas nas imagens não correspondem a um tipo celular específico que exista em algum tecido animal ou vegetal. São apenas representações esquemáticas ilustrativas para fins didáticos.

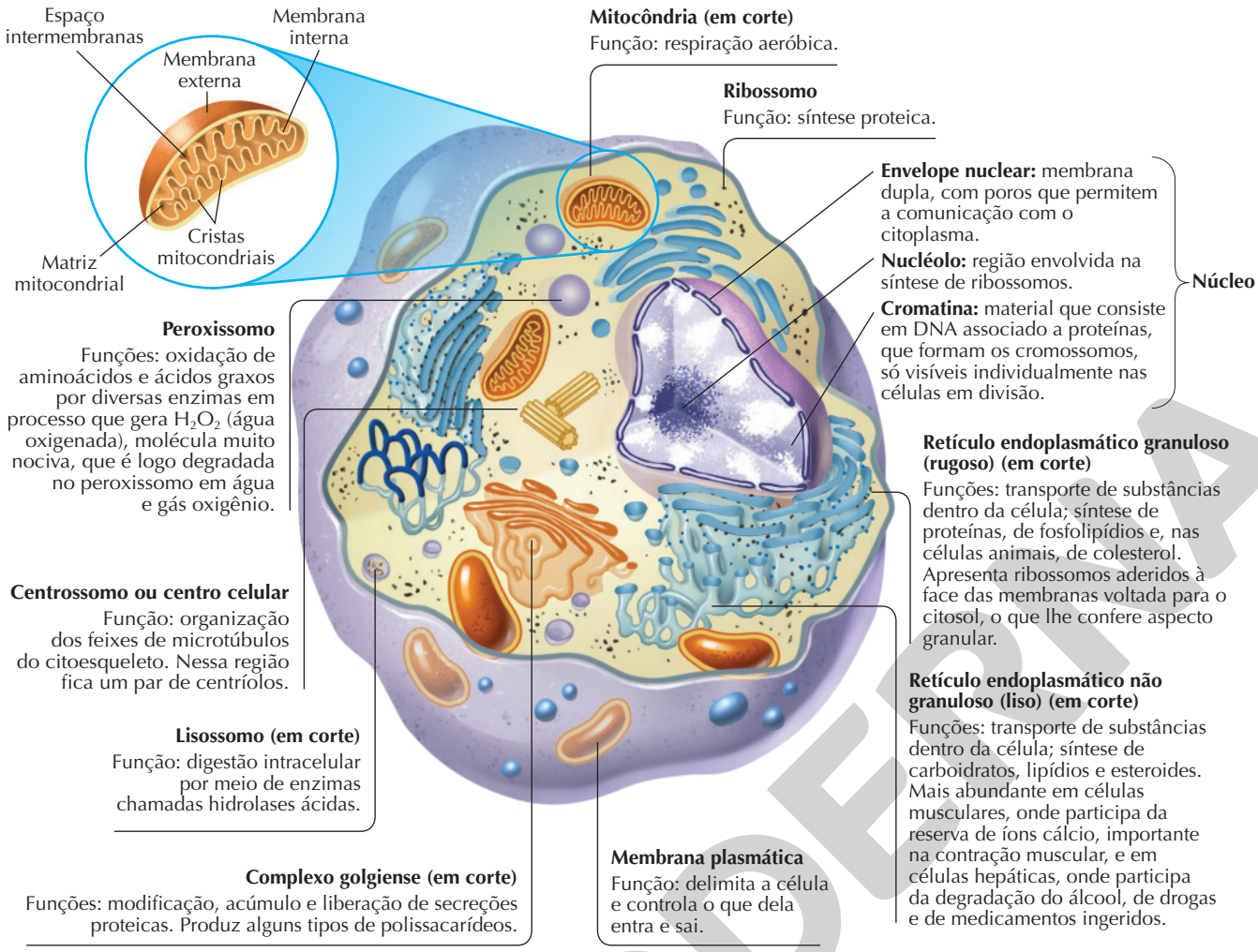
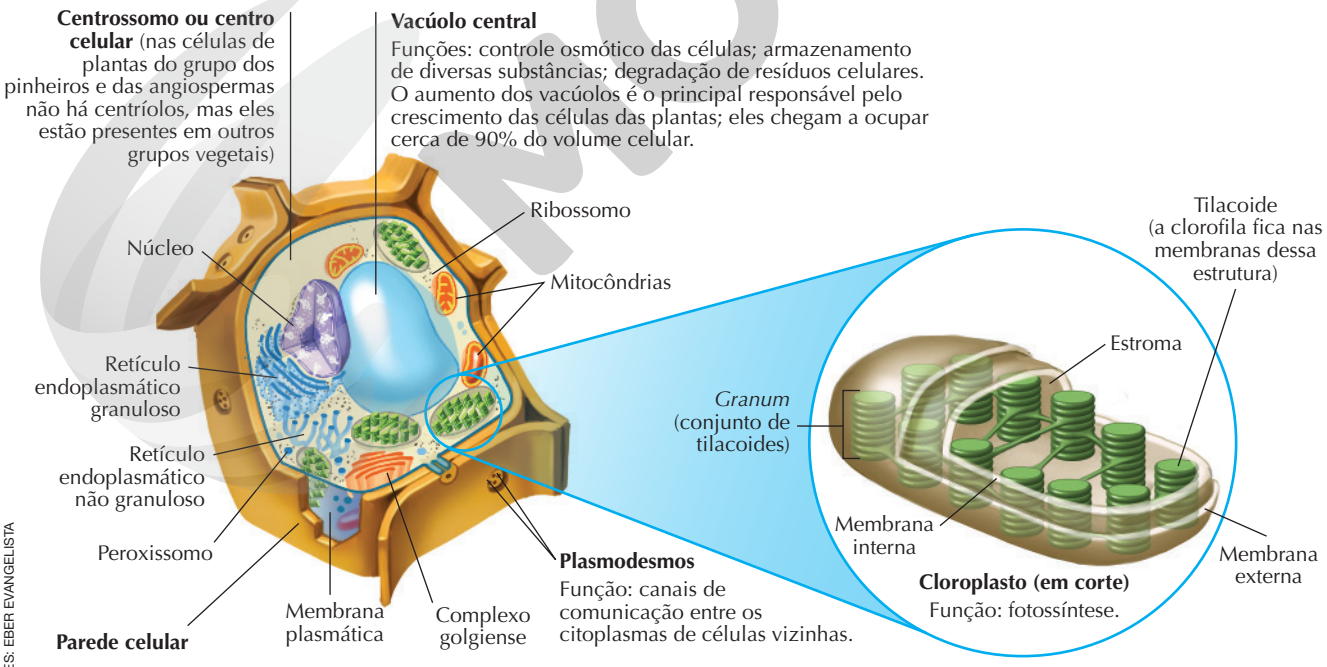


Figura3.2 Representação esquemática de célula eucariótica animal com uma parte em corte para visualização de seus componentes internos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Fonte: CAMPBELL, N.; REECE, J. B. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 3.3 Representação esquemática de célula eucariótica vegetal de uma angiosperma (grupo de plantas com flores) com uma parte em corte para visualização de seus componentes internos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: EBER EVANGELISTA

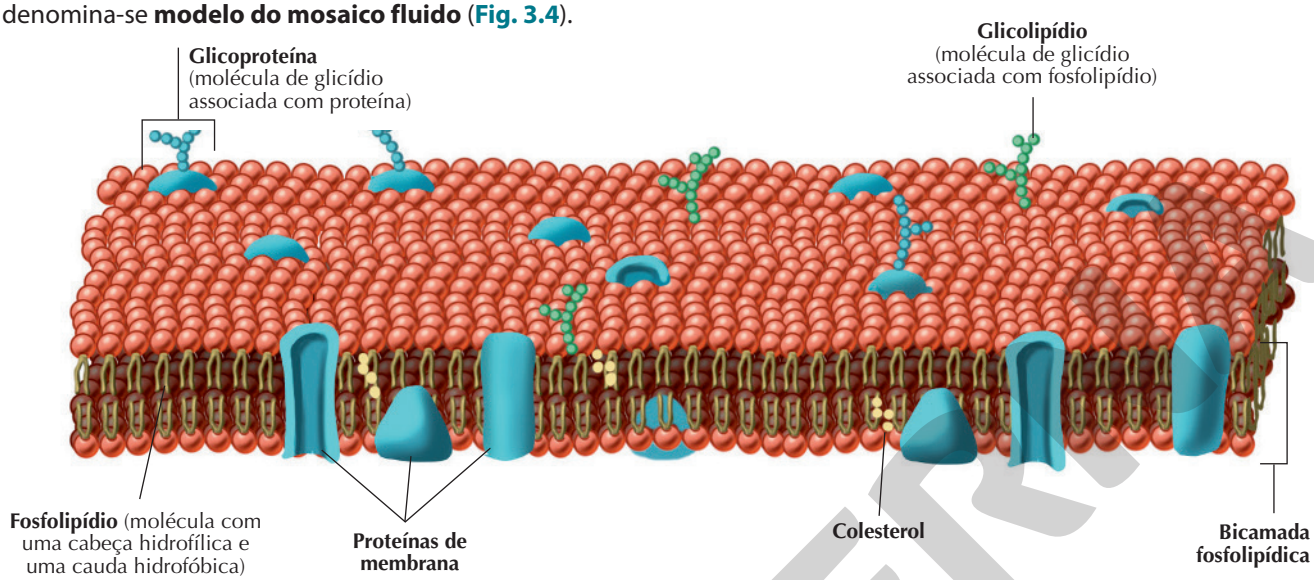
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Membrana plasmática

A vida das células depende das trocas seletivas que elas realizam com o meio. Essas funções são executadas através da **membrana plasmática**, estrutura presente em todas as células e composta principalmente de fosfolipídios e proteínas.

O modelo estrutural da membrana plasmática atualmente aceito foi proposto em 1972 pelos cientistas norte-americanos Seymour Jonathan Singer (1924-2017) e Garth Nicholson (1943-) e denomina-se **modelo do mosaico fluido** (Fig. 3.4).



Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/4-3-eukaryotic-cells>. Acesso em: 26 jun. 2020.

Figura 3.4 Representação esquemática do modelo do mosaico fluido da estrutura da membrana plasmática, vista em corte, tendo como base uma célula animal. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

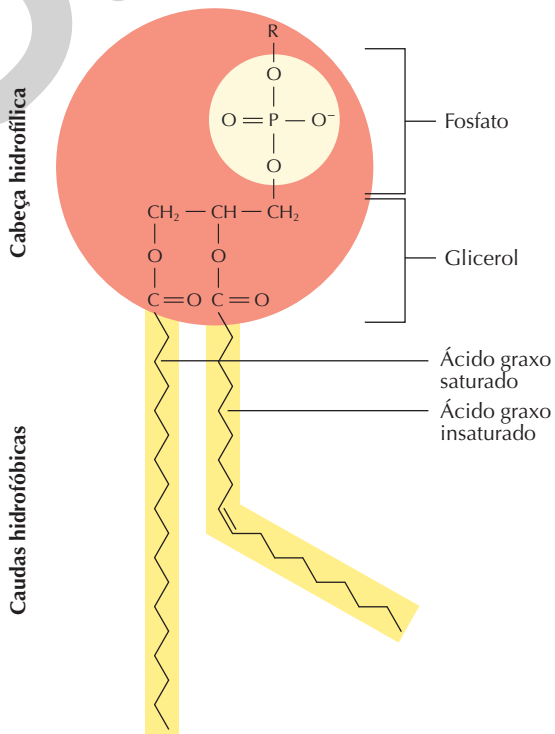
Segundo esse modelo, a membrana plasmática é composta de duas camadas de fosfolipídios (bicamada fosfolipídica) formando um revestimento fluido, em que há um mosaico de moléculas de proteína com funções diversas, como: transporte através da membrana; fixação de macromoléculas à membrana; recepção de sinais químicos do meio extracelular transmitindo-os para o interior da célula. A fluidez da membrana permite a movimentação tanto das moléculas de fosfolipídios, como das moléculas de proteínas.

As moléculas de fosfolipídios têm um comportamento particular em relação à água: uma parte da molécula é **hidrofílica** e a outra, **hidrofóbica** (Fig. 3.5).

Na bicamada, a parte hidrofílica fica em contato com a água e a hidrofóbica fica voltada para a região interna da membrana.

Na face externa da membrana há moléculas de glicídios associadas a algumas das moléculas de proteína e de fosfolipídios, formando, respectivamente, as glicoproteínas e os glicolipídios. Essas moléculas glicídicas participam de várias funções, como a de reconhecimento célula a célula e a de percepção de estímulos do meio.

Apesar de a estrutura da membrana plasmática ser a mesma em todas as células, o tipo e a quantidade de proteínas, de glicoproteínas e de glicolipídios variam, o que está relacionado às diversas funções celulares. Há também outras diferenças, como a presença de colesterol nas membranas de células animais, que ajudam a manter a fluidez dessas membranas.



Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-1-components-and-structure>. Acesso em: 26 jun. 2020.

Figura 3.5 Representação esquemática da estrutura da molécula de fosfolipídio das membranas celulares.

ILUSTRAÇÕES: EBER EVANGELISTA

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

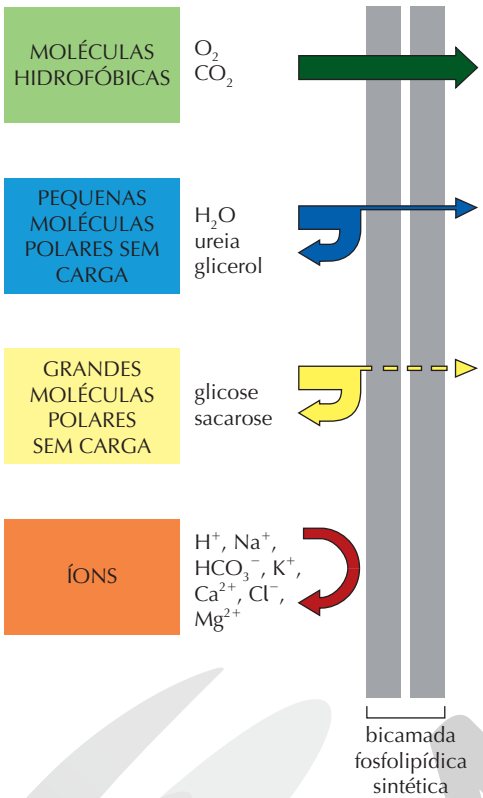
MODELO

Moléculas polares são aquelas cujo vetor momento de dipolo elétrico é diferente de zero, que resulta da polaridade das ligações, que por sua vez depende da diferença de eletronegatividade dos átomos e do arranjo espacial das ligações (ou seja, da geometria molecular). Caso julgue necessário abordar a formação de ligações covalentes em moléculas, polaridade de ligações, geometria molecular e as interações intermoleculares – que são consequência da polaridade das moléculas –, é recomendável acessar o conteúdo disposto no **Tema 4** da **Unidade Explorando o Universo e a vida**.

Transporte através da membrana plasmática

A estrutura e a composição da membrana plasmática conferem a ela **permeabilidade seletiva**, ou seja, a membrana controla o que passa por ela.

A bicamada fosfolipídica dificulta ou mesmo impede a passagem de íons e de moléculas polares, como água, glicídios e aminoácidos. Em contrapartida, permite a passagem de pequenas moléculas apolares, como gás oxigênio e gás carbônico, que são hidrofóbicas (**Fig. 3.6**).



Fonte: ALBERTS, B. *et al. Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Figura 3.6 Representação esquemática da permeabilidade de uma bicamada fosfolipídica sintética: moléculas hidrofóbicas, como gás oxigênio (O_2) e gás carbônico (CO_2), passam livremente, enquanto pequenas moléculas polares, como água (H_2O), passam de modo lento e moléculas polares grandes, como glicose, passam de modo mais lento ainda ou não passam. Os íons não atravessam livremente a bicamada, que é impermeável a eles.

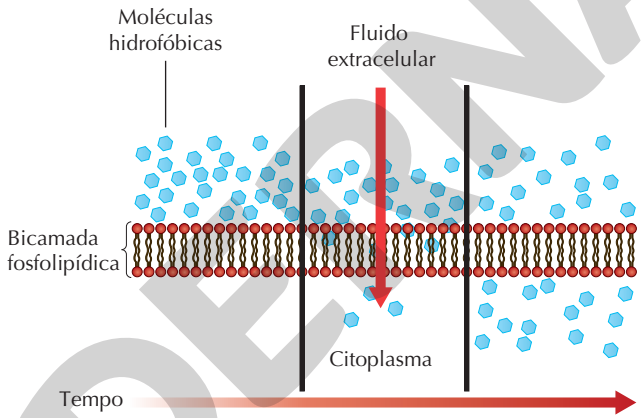
Assim, se a membrana fosse formada apenas por fosfolipídios, a célula não conseguiria trocar íons e moléculas com o meio, o que afetaria seu metabolismo. Isso não ocorre, no entanto, porque existem proteínas na membrana que são especializadas nessas trocas.

As trocas através da membrana plasmática dependem do tipo de íon ou de molécula envolvidos no processo. Dependem também da concentração de íons ou moléculas dentro e fora da célula. As trocas podem ocorrer por meio de processos passivos ou ativos.

- **Processos passivos:** ocorrem sem gasto de energia. É o caso da difusão simples, da difusão facilitada e da osmose.
- **Processos ativos:** ocorrem com gasto de energia. É o caso da bomba de sódio e potássio.

Difusão simples

A **difusão simples** nas células ocorre através da bicamada fosfolipídica da membrana plasmática, em que pequenas moléculas hidrofóbicas, como as do gás oxigênio e do gás carbônico, movem-se a favor do gradiente de concentração, ou seja, da região de maior concentração para a região de menor concentração. Isso ocorre até que as concentrações nos meios extra e intracelular se igualem (**Fig. 3.7**).



Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-2-passive-transport>. Acesso em: 26 jun. 2020.

Figura 3.7 Representação esquemática de difusão simples através da bicamada fosfolipídica em função do tempo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O gás oxigênio se difunde para o interior da célula quando sua concentração no fluido extracelular é maior do que no citoplasma. A célula o utiliza no processo de respiração, do qual resulta gás carbônico. Com isso, a concentração de gás carbônico fica maior no meio intracelular do que no extracelular, o que faz com que ele passe para o meio extracelular por difusão. Como o gás oxigênio é continuamente consumido na respiração, a concentração mais baixa internamente se mantém, sustentando a passagem desse gás para o meio intracelular. Dessa maneira, o processo de entrada de gás oxigênio e saída de gás carbônico prossegue continuamente por difusão simples.

Difusão facilitada

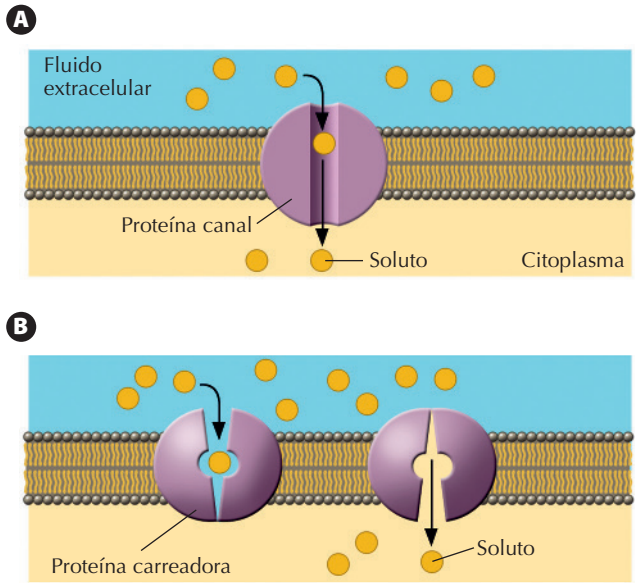
O processo de **difusão facilitada** ocorre a favor do gradiente de concentração e é auxiliado por proteínas da membrana que são específicas para o transporte de certas moléculas polares, que demorariam muito tempo para passar pela bicamada fosfolipídica, e de certos íons,

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

que não passam por ela. Essas proteínas podem ser de dois tipos, como mostra a **figura 3.8**.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

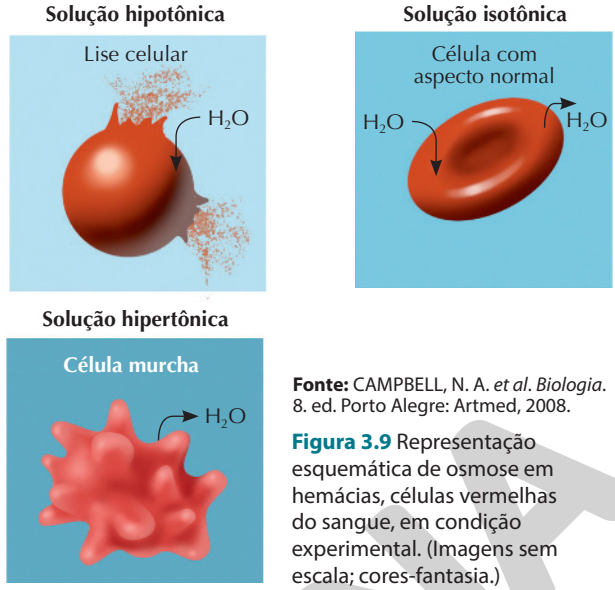
Figura 3.8 (A) Representação esquemática das proteínas de canal: elas delimitam um poro estreito, que permite a passagem mais rápida de água, de certos íons e de moléculas específicas. **(B)** Representação esquemática das proteínas transportadoras (carreadoras ou permeases): elas apresentam partes móveis que se articulam, mediando a passagem através da membrana de certos íons ou moléculas específicas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A difusão facilitada é particularmente comum no movimento de alguns íons, como cálcio (Ca^{2+}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}) e cloro (Cl^{-}), e de moléculas de glicose, aminoácidos e vitaminas.

Osmose

Osmose é um caso especial de difusão, em que há passagem de moléculas de água através de membranas semipermeáveis. Na osmose, as moléculas de água difundem-se da solução menos concentrada (solução hipotônica) para a solução mais concentrada (solução hipertônica), pois há a tendência de as concentrações das soluções se igualarem. Como a molécula de água é polar, a maior parte da água atravessa a membrana por proteínas de canal específicas, as **aquaporinas**. Assim, o transporte de água é um processo passivo que pode ocorrer em menor quantidade por difusão simples através da bicamada fosfolipídica e em maior quantidade por difusão facilitada através das aquaporinas.

Caso células animais fiquem em contato com solução muito hipotônica em relação ao citoplasma, entra muita água na célula e ela pode estourar, falando-se em **lise celular**. Se as células estiverem em contato com uma solução hipertônica, há saída de água e elas ficam murchas. Se a concentração do meio externo for igual (isotônica) à do citoplasma, as células ficam com aspecto normal (**Fig. 3.9**).

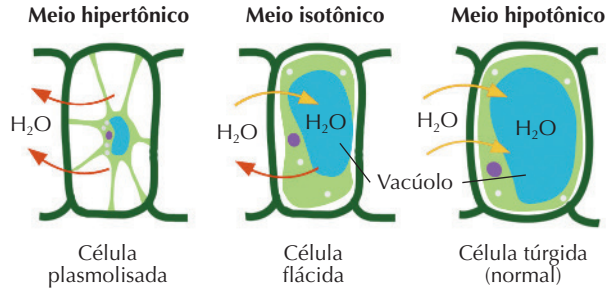


Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Figura 3.9 Representação esquemática de osmose em hemácias, células vermelhas do sangue, em condição experimental. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Em função de sua parede celular resistente, as células vegetais não estouram em soluções hipotônicas. Nesse caso, entra muita água na célula vegetal e ela fica com maior pressão interna e com volume aumentado, ou seja, fica **túrgida**. O vacúolo é a principal estrutura relacionada à osmose em plantas. Em células túrgidas, o vacúolo repleto de água exerce pressão sobre a parede celular, que se distende. As células vegetais tendem a ser normalmente túrgidas, pois mantêm, por processos ativos, concentrações mais altas de sais e de glicídios solúveis no interior do vacúolo. Uma célula túrgida, ao ser colocada em um meio com concentração igual à do vacúolo, ou seja, isotônico, perde água para o meio até atingir um equilíbrio, quando então o vacúolo deixa de exercer pressão sobre a parede celular. Nesse caso, dizemos que a célula fica **murcha** ou **flácida**. Se a concentração do meio for hipertônica em relação à concentração do vacúolo, a perda de água é maior, o que provoca a contração do vacúolo, de todo o citoplasma e da membrana plasmática, que se afasta da parede celular. Nessa situação, dizemos que a célula está **plasmolisada** (**Fig. 3.10**).

Em solução hipotônica, células murchas ou plasmolisadas podem voltar a ficar túrgidas.



Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-2-passive-transport>. Acesso em: 26 jun. 2020.

Figura 3.10 Representação esquemática dos efeitos da osmose em uma célula vegetal. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: EBER EVANGELISTA

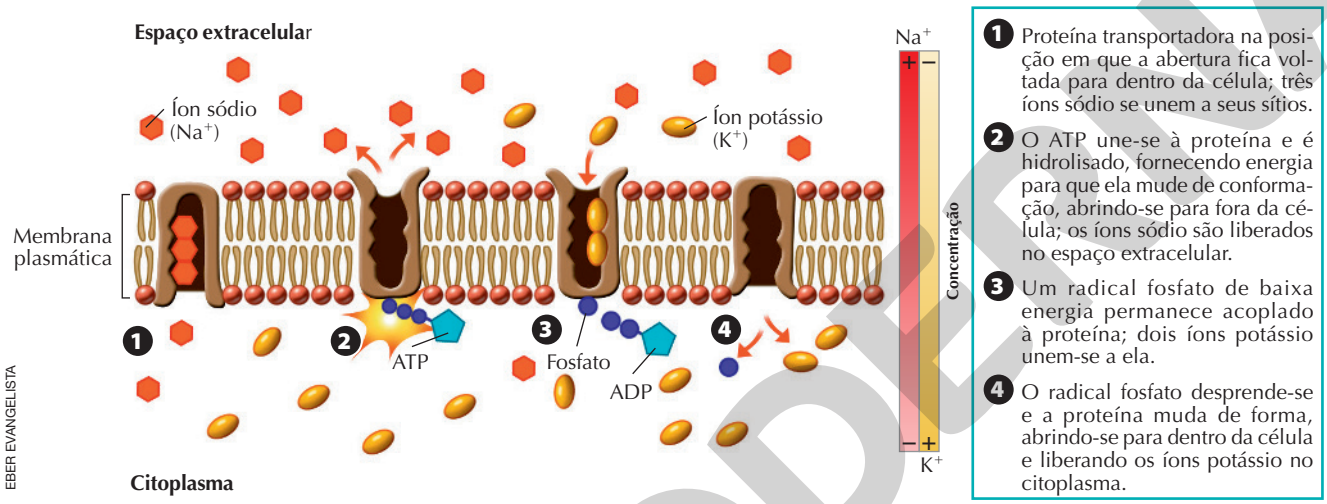
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Transporte ativo

No **transporte ativo** há gasto de energia envolvida na mudança da forma das proteínas transportadoras específicas, promovendo o movimento de solutos contra o gradiente de concentração, ou seja, da solução menos concentrada para a mais concentrada. Com isso, a célula mantém a concentração ideal de íons e moléculas no seu interior, garantindo seu funcionamento adequado.

De forma geral, há dois tipos de transporte ativo: o transporte ativo **primário** e o transporte ativo **secundário**. No primeiro caso, as proteínas transportadoras utilizam diretamente a energia armazenada em moléculas de ATP (trifosfato de adenosina). São exemplos as bombas de íons, caso da **bomba de sódio e potássio** que mantém maiores concentrações de íons sódio (Na^+) no meio extracelular e de íons potássio (K^+) no meio intracelular. Essa é a principal bomba de íons das células animais. Íons potássio são importantes dentro das células, pois atuam em várias etapas do metabolismo celular, como na síntese proteica e na respiração. Porém, o aumento da concentração desses íons poderia trazer problemas osmóticos para as células, pois elas se tornariam hiperosmóticas em relação ao meio. O bombeamento de íons sódio para fora contribui para a regulação osmótica (**Fig. 3.11**).



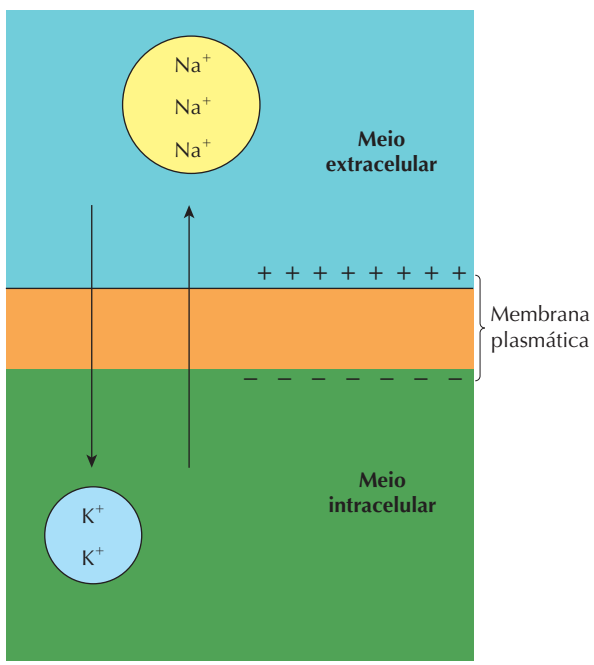
EBER EVANGELISTA

Fonte: CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-3-active-transport>. Acesso em: 26 jun. 2020.

Figura 3.11 Representação esquemática da bomba de sódio e potássio: a cada ciclo de bombeamento, três íons sódio saem da célula e dois íons potássio entram, mantendo a relação de 3 : 2. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A bomba de sódio e potássio e outras bombas de íons fazem parte do processo responsável por manter uma diferença de potencial elétrico entre as superfícies externa e interna da membrana, o que é chamado **potencial de membrana**. Esse potencial é importante em muitos processos celulares, como na contração muscular e na propagação do impulso nervoso. Nesse caso, quando há estímulo adequado na célula, ocorre inversão temporária das cargas elétricas mantidas pela bomba de sódio e potássio, que é transmitida ao longo da membrana plasmática.

O potencial de membrana é medido em milivolts (mV). Nas células em repouso, sem estímulos, os valores são negativos, sendo o sinal de menos indicativo de que o lado interno da membrana é negativo em relação ao externo (**Fig. 3.12**).



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: ALBERTS, B. *et al. Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Figura 3.12 Representação esquemática do transporte de sódio e potássio através da membrana plasmática. A bomba de sódio e potássio faz parte do processo responsável por manter uma diferença de potencial elétrico entre as superfícies externa e interna da célula, o que é chamado potencial de membrana.

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

MODERNA

O potencial de membrana atua como reserva de energia que pode ser usada na realização de algumas funções celulares, como é o caso do transporte ativo secundário, também chamado de cotransporte.

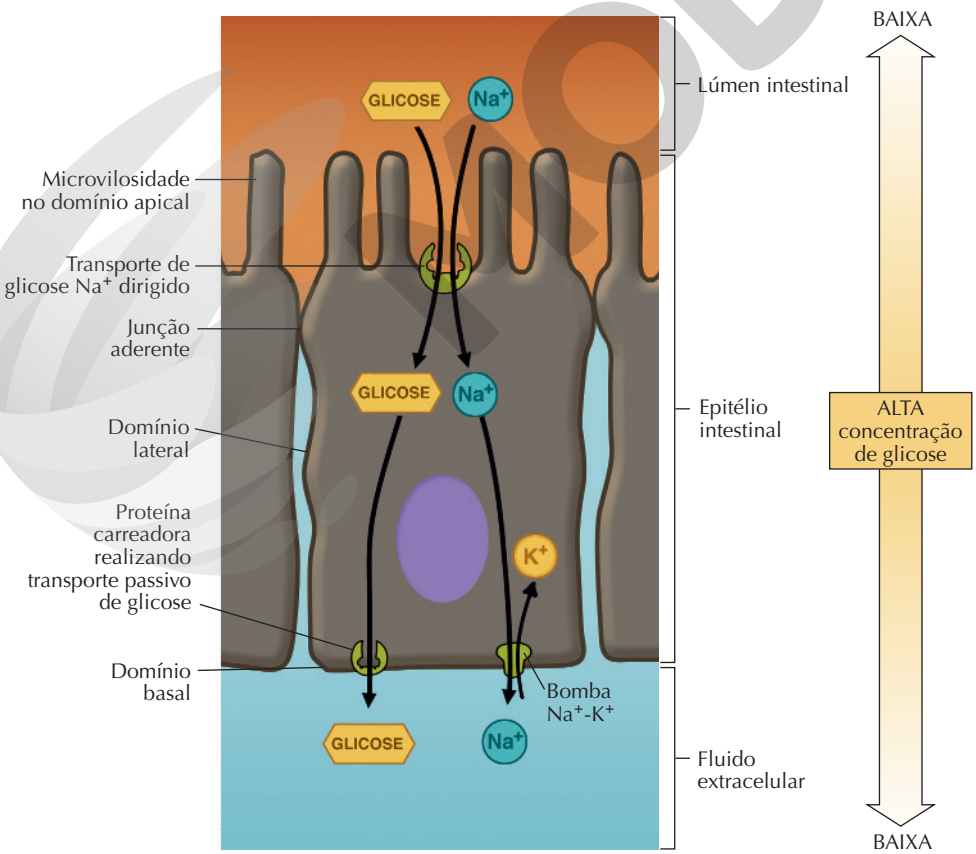
Para entender o cotransporte, é necessário ampliar o conceito de transporte passivo por difusão facilitada de íons nas células, que se relaciona com o potencial de membrana. Há duas forças que atuam nesse transporte: a química, que se refere à diferença de concentração dos íons nos dois lados da membrana, o que já abordamos; e a elétrica, que se refere ao gradiente elétrico. Nesse caso, íons positivos tendem a se deslocar para regiões negativamente carregadas, e vice-versa. A combinação dessas duas forças gera o **gradiente eletroquímico** do íon. É esse gradiente que determina seu transporte passivo. Os íons tendem a se difundir passivamente em direção ao seu menor gradiente eletroquímico.

Considerando como exemplo os íons sódio, o menor gradiente eletroquímico deles fica no interior da célula. Esse gradiente é estabelecido pela menor concentração desses íons dentro da célula e pela maior atração deles para o lado negativo da membrana. Sendo assim, eles tendem a se mover para o interior celular. No deslocamento passivo desses íons, há liberação de energia livre, que é utilizada para mover simultaneamente outras substâncias contra gradientes de concentração. Isso caracteriza o cotransporte e ocorre em proteínas especializadas da membrana.

No epitélio intestinal, por exemplo, a absorção de glicose ocorre dessa maneira. Íons Na^+ tendem a se mover por difusão facilitada para dentro das células em função de seu gradiente eletroquímico; ao passarem pela proteína transportadora especializada no cotransporte, a energia liberada no movimento desses íons é usada para a entrada simultânea de glicose, contra seu gradiente de concentração. Em células do epitélio intestinal, esse transporte ativo de glicose por meio do cotransporte com íons Na^+ ocorre na parte da célula em contato com a luz intestinal. No lado oposto da célula, em contato com o fluido extracelular, no entanto, a glicose é transportada para o meio extracelular por difusão facilitada, que é um processo passivo (**Fig. 3.13**).

Fique por dentro

Transporte de membrana
O vídeo mostra como ocorrem o transporte ativo primário e a bomba de potássio.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=znvhgNSXdQA>. Acesso em: 26 jun. 2020.



Fonte: ALBERTS, B. *et al.* *Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Figura 3.13 Representação esquemática do transporte de glicose em célula do epitélio intestinal. O processo de entrada da glicose na célula é ativo, com o cotransporte de íons sódio. O processo de saída é realizado por difusão facilitada. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: EBER EVANGELISTA

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

MODERNA

Atividades

Registre em seu caderno

1. A unidade da vida é a célula. A estrutura e a função das células dependem da membrana plasmática. Todas as alternativas a seguir dizem respeito a funções da membrana, exceto:

a) propiciar interação entre células.
b) propiciar o reconhecimento celular.
c) regular o que entra na célula e sai dela.
d) permitir que o interior da célula mude de acordo com alguns estímulos do meio.
e) manter iguais o meio interno e o meio externo da célula.

2. (UFSM-RS) Os trabalhadores que lidam com amianto podem ser acometidos por uma doença chamada silicose. As células do epitélio pulmonar desses indivíduos fagocitam partículas de sílica presentes no ar. Como essas partículas não podem ser digeridas, acumulam-se no interior de uma organela celular. O acúmulo de sílica acaba rompendo a organela e ocasionando a destruição generalizada das células por ação de enzimas digestivas. A organela envolvida na silicose é o(a)

a) peroxissomo.
b) complexo de Golgi.
c) lisossomo.
d) mitocôndria.
e) retículo endoplasmático liso.

3. (UFMS-MS) Verifique quais são as relações apropriadas entre as organelas celulares e suas funções e indique a(s) alternativa(s) correta(s).

a) Os lisossomos fazem a respiração celular.
b) O complexo de Golgi armazena as proteínas a serem exportadas pelas células.
c) O retículo endoplasmático liso é responsável pelo transporte intracelular de substâncias.
d) Os ribossomos são responsáveis pela síntese de proteínas.
e) A mitocôndria realiza a digestão de materiais orgânicos absorvidos pelas células.
f) Os ribossomos são também responsáveis pela respiração celular.

4. Você já deve ter temperado uma salada de alface usando sal, azeite e vinagre ou limão. Por experiência própria, você deve ter observado que, se temperadas com antecedência, as folhas murcham. Qual é o mecanismo de transporte através da membrana plasmática que melhor explica esse resultado? Responda usando um texto ilustrado com esquemas.

5. Com relação ao transporte ativo, é correto afirmar que:

a) requer soluções de concentrações isotônicas, isto é, que têm quantidades de soluto e de solvente iguais ou muito semelhantes, para ocorrer.
b) depende de proteínas receptoras para igualar as concentrações entre as faces interna e externa da membrana.
c) movimenta solutos através da membrana a favor de seu gradiente de concentração sem gastar energia.
d) movimenta solutos através da membrana contra seu gradiente de concentração, com gasto de energia, para igualar as concentrações dentro e fora da célula.
e) movimenta solutos através da membrana contra seu gradiente de concentração, com gasto de energia, mantendo a diferença de concentração dentro e fora da célula.

6. (Fuvest-SP) A porcentagem em massa de sais no sangue é de aproximadamente 0,9%. Em um experimento, alguns glóbulos vermelhos de uma amostra de sangue foram coletados e separados em três grupos. Foram preparadas três soluções, identificadas por X, Y e Z, cada qual com uma diferente concentração salina. A cada uma dessas soluções foi adicionado um grupo de glóbulos vermelhos. Para cada solução, acompanhou-se, ao longo do tempo, o volume de um glóbulo vermelho, como mostra o gráfico.

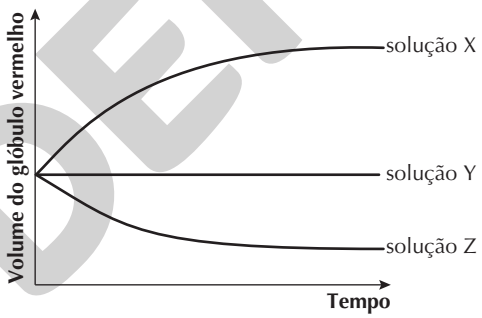


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Com base nos resultados desse experimento, é correto afirmar que

a) a porcentagem em massa de sal, na solução Z, é menor do que 0,9%.
b) a porcentagem em massa de sal é maior na solução Y do que na solução X.
c) a solução Y e a água destilada são isotônicas.
d) a solução X e o sangue são isotônicos.
e) a adição de mais sal à solução Z fará com que ela e a solução X fiquem isotônicas.

7. Leia o texto e faça o que se pede.

A fibrose cística é uma doença genética crônica que atinge principalmente o sistema digestório, o pâncreas e os pulmões. Mutações do gene relacionado a essa doença podem levar a alterações na conformação das proteínas que fazem o transporte de forma adequada de íons cloro na membrana celular, ou a baixa produção dessas proteínas ou ausência delas. Com isso, há redução da permeabilidade da membrana celular aos íons cloro, que ficam acumulados dentro da célula. O aumento da concentração desses íons provoca maior entrada de água na célula e, consequentemente,

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

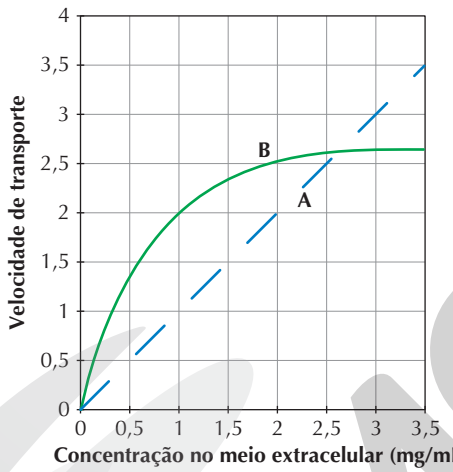
MODERNA

ocorrência de muco espesso, principalmente no trato respiratório.

a) Um tipo especial de proteína de canal recebe o nome de canal iônico, pois está relacionado ao transporte específico de íons inorgânicos, tais como íons cloro, cálcio, sódio e potássio, permitindo a difusão rápida desses íons. O canal delimitado por essas proteínas é estrito e pode se manter aberto ou fechado dependendo de estímulos, mas não há, para isso, gasto de energia. Sendo assim, associe a informação dada pelo texto da questão ao funcionamento dos canais iônicos e explique por que, no caso da fibrose cística, há acúmulo de íons cloro no citoplasma.

b) Explique como e por que, nesse caso da doença, ocorre a entrada de água na célula.

8. (Unicamp-SP) Hemácias de um animal foram colocadas em meio de cultura em vários frascos com diferentes concentrações das substâncias A e B, marcadas com isótopo de hidrogênio. Dessa forma, os pesquisadores puderam acompanhar a entrada dessas substâncias nas hemácias, como mostra o gráfico apresentado a seguir.



Indique a alternativa correta.

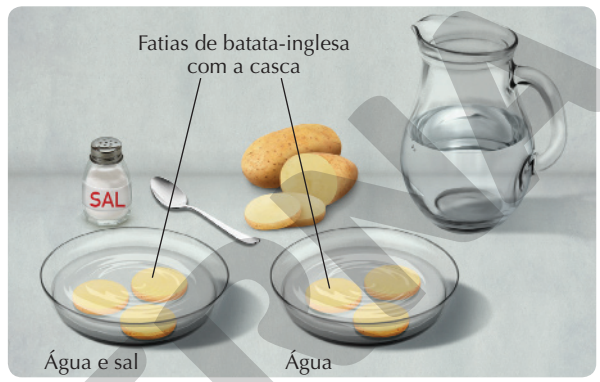
a) A substância A difunde-se livremente através da membrana; já a substância B entra na célula por um transportador que, ao se saturar, mantém constante a velocidade de transporte através da membrana.

b) As substâncias A e B atravessam a membrana da mesma forma, porém a substância B deixa de entrar na célula a partir da concentração de 2 mg/mL.

c) A quantidade da substância A que entra na célula é diretamente proporcional à sua concentração no meio extracelular, e a de B, inversamente proporcional.

d) As duas substâncias penetram na célula livremente, por um mecanismo de difusão facilitada, porém a entrada da substância A ocorre por transporte ativo, como indica sua representação linear no gráfico.

9. Em duas tigelas iguais foram colocados 250 mL de água filtrada em temperatura ambiente. Em uma das tigelas foram dissolvidas três colheres de chá de sal. Fatias iguais de batatas com casca, com cerca de 6 mm de espessura cada uma, foram colocadas em cada tigela, como mostra a figura a seguir. O que se espera que ocorra após certo tempo com as batatas em cada tigela? Explique.



LUIZ IRIA

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

No começo de 2007, uma mulher de 28 anos de idade, na Califórnia, morreu, após participar de um concurso [...] para ver quem conseguia tomar mais água. Após ingerir seis litros em apenas três horas [...], Jennifer Strange vomitou, foi para casa com uma terrível dor de cabeça e morreu [...].

[...] Em humanos, os rins controlam a quantidade de água, sais e outros solutos que deixam o organismo, "peneirando" o sangue através de seus milhões de túbulos. Quando uma pessoa bebe água demais em pouco tempo, os órgãos não conseguem liberar essas substâncias rapidamente o bastante, e o sangue fica "encharcado". Atraída por regiões onde a concentração de sais e outras substâncias dissolvidas é mais alta, a água em excesso deixa o sangue e entra imediatamente nas células, que incham como balões para conseguirem acomodá-la.

Fonte: BALLANTYNE, C. Água demais pode fazer mal e até matar. *Scientific American Brasil*. Disponível em: <https://sciam.com.br/agua-demais-pode-fazer-mal-e-ate-matar/>. Acesso em: 26 jun. 2020.

a) Destaque um trecho do texto que se relacione com o processo de osmose.

b) Monte um esquema para explicar o processo descrito no texto.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

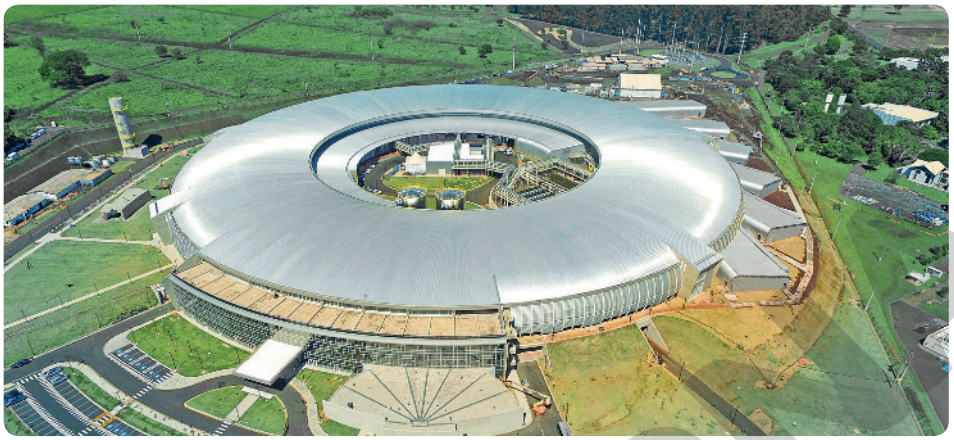
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

TEMA 4

Elementos de Física Quântica

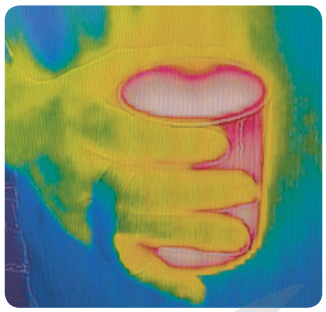
Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT205; EM13CNT301



HO/CNPEM/AFP

Figura 4.1 Acelerador de partículas Sirius, em Campinas, SP (2018). Nesse local são realizados experimentos utilizando um feixe de elétrons de alta energia que envolvem diversas áreas de Ciências da Natureza.



DARIO SABLJAK/SHUTTERSTOCK

Figura 4.2 Imagem obtida por meio de uma câmera de infravermelho. O tom mais vermelho indica maior temperatura.

Processadores de computadores, equipamentos de ressonância magnética, relógios atômicos (necessários para o GPS), iluminação com LED e detectores de aceleradores de partículas (**Fig. 4.1**) são apenas alguns dos dispositivos tecnológicos atuais cujo funcionamento pode ser explicado por meio da **Física Quântica**.

Essa área da Física começou a se desenvolver no final do século XIX e início do século XX, quando várias tentativas de aplicar as leis da Física Clássica em nível atômico se mostraram infrutíferas. Fenômenos como a emissão de radiação pelos corpos aquecidos e o efeito fotoelétrico, por exemplo, não podiam ser elucidados pelas teorias existentes até então. Entre 1900 e 1930 foi desenvolvida a área denominada Física Quântica, que se mostrou apta a explicar o comportamento das moléculas, dos átomos e dos núcleos atômicos em várias situações. A área recebeu o nome de Física Quântica por abarcar grandezas que, na Física Clássica, não são quantizáveis, isto é, não são múltiplos inteiros de valores mínimos: os *quanta*.

A catástrofe do ultravioleta

Qualquer objeto que esteja a uma temperatura acima do zero absoluto emite radiação eletromagnética. Essa radiação está relacionada com sua temperatura, por isso é conhecida como radiação térmica. Em temperaturas abaixo de 600 °C, a maior parte da radiação emitida é do tipo infravermelho, portanto é invisível ao olho humano. Mas uma caneca com bebida quente, por exemplo, emite radiação infravermelha suficiente para que possamos percebê-la na forma de calor (**Fig. 4.2**).

Figura 4.3 (A) Experimento de troca de calor entre as mãos de uma pessoa e uma caneca de superfície branca com água aquecida em seu interior. **(B)** No experimento com a caneca de superfície preta, com a água nas mesmas condições de temperatura, a radiação percebida pelas mãos é maior.

FOTOS: FERNANDO FAVORETTO

Para verificar esse fenômeno, coloque em uma caneca água quente o bastante para esquentar sua superfície, tomando cuidado para não se queimar. Mantendo as mãos próximas à caneca, mas sem encostar nela, você será capaz de perceber que elas esquentam levemente. Outro teste pode ser feito, dessa vez com mais canecas, de diferentes cores. As mais escuras tendem a absorver e emitir mais radiação do que as mais claras (**Fig. 4.3**).

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

Esse é um aspecto interessante da radiação térmica: bons absorvedores de radiação são bons emissores. Por isso radiadores de carro e de geladeira são pintados de preto, aumentando a dissipação por irradiação. Em uma situação ideal, um corpo que absorve toda a radiação que incide sobre ele, não sendo capaz de refleti-la, é chamado de **corpo negro**. Para melhor compreender esse conceito, vamos imaginar uma caixa com um pequeno orifício, por onde a radiação entra (**Fig. 4.4**). Essa radiação é refletida várias vezes no interior da caixa, sendo totalmente absorvida por suas paredes. O orifício dessa caixa se comporta, portanto, como um corpo negro, absorvendo toda a radiação. Se essa caixa for aquecida, suas paredes passarão a emitir radiação térmica que eventualmente sairá pelo orifício; dessa forma, a sua temperatura pode ser determinada a partir dessa emissão de radiação.

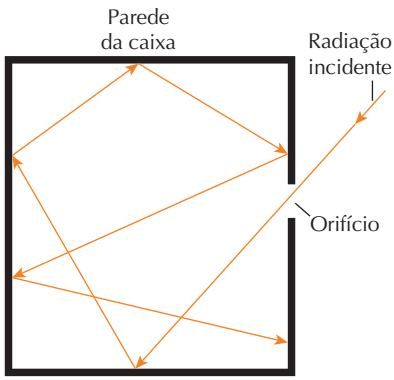


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 4.4 Modelo de um corpo negro.

O físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) foi o primeiro a mencionar corpos negros. Ele observou que a radiação só dependia da temperatura, e não do material do corpo emissor. Em outras palavras, o cientista observou que, aumentando a temperatura do corpo, a intensidade da radiação aumentava, independentemente do comprimento de onda.

A partir de dados experimentais é possível relacionar a intensidade da radiação emitida por um corpo negro com o comprimento de onda λ, a determinada temperatura, o que nos permite construir o gráfico a seguir (**Fig. 4.5**), chamado espectro de emissão.

Figura 4.5 Intensidade da radiação em função do comprimento de onda a diferentes temperaturas

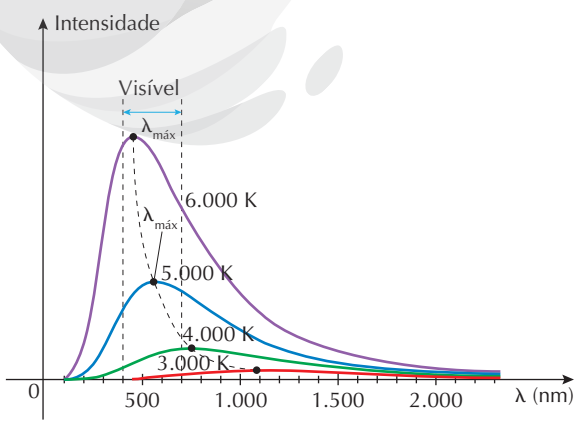


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Observe que a intensidade da radiação adquire um certo valor máximo para um dado comprimento de onda. Repetindo o experimento com variações de temperatura, é possível observar no gráfico que o pico de cada curva se desloca para a esquerda (curva tracejada); quanto maior for a temperatura, menor será o comprimento de onda do pico de emissão.

Portanto, o comprimento de onda da radiação emitida com intensidade máxima ($\lambda_{máx}$) é inversamente proporcional à temperatura absoluta T do corpo emissor. Esse fenômeno foi observado pelo físico alemão Wilhelm Wien (1864-1928) e é denominado **lei de deslocamento de Wien**, sendo expresso pela equação:

$$\lambda_{máx} = \frac{2{,}89 \cdot 10^{-3}\ \text{m K}}{T}$$

O valor constante $2{,}89 \cdot 10^{-3}$ m K é chamado de constante de Wien.

Em 1900, o matemático e físico inglês John William Strutt (1842-1919), mais conhecido como Lord Rayleigh, e o também matemático e físico inglês James Hopwood Jeans (1877-1946) derivaram uma equação para explicar os dados experimentais da intensidade de radiação emitida pelo corpo negro, que ficou conhecida como lei de Rayleigh-Jeans.

No entanto, esses resultados teóricos foram obtidos usando as teorias do Eletromagnetismo e da Termodinâmica, áreas da Física Clássica, e não eram compatíveis com os resultados experimentais. Essa discordância ficou conhecida como **catástrofe do ultravioleta**, pois a lei de Rayleigh-Jeans concordava com os dados experimentais referentes às frequências menores, mas não às maiores, na região do ultravioleta.

O problema foi resolvido por meio de uma nova expressão proposta pelo físico alemão Max Planck (1858-1947). No entanto, Planck precisou considerar que, na superfície do corpo negro, as cargas elétricas oscilantes emitiam radiação em porções de energia bem definida, ou seja, em "pacotes" de energia, e não de forma contínua, como previa a teoria clássica. Esse foi o conceito que deu início ao desenvolvimento da **Física Quântica**.

:: Hipótese quântica de Planck

Os "pacotes" de energia descritos por Max Planck foram chamados de *quantum* (no plural, *quanta*), que vem do latim e significa **quantidade**, originando o termo Física Quântica. Assim, a energia E emitida pelos átomos de corpos aquecidos assumia apenas valores inteiros proporcionais à frequência f de vibração desses átomos. Para cada frequência, a energia mínima que poderia ser emitida seria dada pela seguinte expressão, posteriormente conhecida como **equação de Planck**:

$$E = n \cdot h \cdot f$$

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

em que n é um número inteiro positivo e h é a chamada constante de Planck, que vale $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s. Dado o valor diminuto dessa constante, os efeitos quânticos somente se tornam mensuráveis quando os sistemas físicos envolvidos têm dimensões moleculares, atômicas ou subatômicas.

Quando partículas emitem ou absorvem os *quanta* de radiação, elas transitam de um nível de energia para outro. Se a transição ocorrer entre níveis de energia adjacentes, por exemplo, de $n = 1$ para $n = 2$, a quantidade de energia emitida ou absorvida (ΔE) é dada pela diferença entre as energias desses níveis, portanto:

$$\Delta E = h \cdot f$$

Assim, as partículas apenas absorvem ou emitem energia quando mudam seu nível energético. Enquanto permanecem no mesmo nível, nenhuma energia é absorvida ou emitida.

Por essa descoberta, Planck recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1919. Em 1926, o físico-químico estadunidense Gilbert Lewis (1875-1946) atribuiu aos *quanta* o nome de fótons ("partículas" de luz).

Vejamos, em uma situação do dia a dia, um exemplo envolvendo a quantização de energia proposta por Planck. Considere que uma emissora de rádio AM opera na frequência de 1.200 kHz e potência de 50 kW. Qual é a energia de cada um desses fótons emitidos pela antena? Quantos fótons são emitidos pela antena a cada segundo? Considere a constante de Planck: $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s.

Pela equação de Planck, a energia de um fóton na frequência de 1.200 kHz, ou seja, de $1{,}2 \cdot 10^{6}$ Hz (lembrando que $1\ \text{Hz} = 1\ \text{s}^{-1}$), é de:

$$E_{\text{fóton}} = h \cdot f \Rightarrow E_{\text{fóton}} = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{J s} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{6}\ \text{s}^{-1}$$

$$\therefore E_{\text{fóton}} \simeq 7{,}96 \cdot 10^{-28}\ \text{J}$$

Como a potência é de $50.000\ \text{W} = 50.000\ \text{J s}^{-1}$, sabemos que são fornecidos 50.000 J por segundo pela antena. Considerando o valor da energia de 1 fóton emitido pela antena, calculado anteriormente, o número de fótons (N) emitidos a cada segundo é:

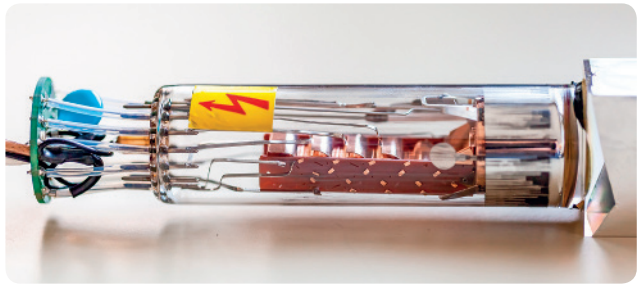
$$1 \text{ fóton} \longrightarrow 7{,}96 \cdot 10^{-28}\ \text{J}$$

$$N \text{ fótons} \longrightarrow 5 \cdot 10^{4}\ \text{J}$$

$$N = \frac{5 \cdot 10^{4}\ \text{J fótons}}{7{,}96 \cdot 10^{-28}\ \text{J}} \therefore N \simeq 6{,}28 \cdot 10^{31}\ \text{fótons}$$

Efeito fotoelétrico

O **efeito fotoelétrico** é a emissão de elétrons de um material, geralmente metálico, decorrente da incidência de ondas eletromagnéticas em sua superfície. Há algumas aplicações em Ciência e Tecnologia, como na análise química de materiais baseada em emissão fotoeletrônica e nos tubos fotomultiplicadores (**Fig. 4.6**) utilizados em detectores nos aceleradores de partículas.



MAKSYM DELIYERGIYEV/SHUTTERSTOCK

Figura 4.6 Tubos fotomultiplicadores são utilizados em detecção de baixíssimas quantidades de luz ou ondas eletromagnéticas.

O efeito fotoelétrico foi verificado pela primeira vez, de modo acidental, pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894) enquanto fazia pesquisas sobre a propagação de ondas eletromagnéticas. Seus experimentos demonstraram que uma radiação incidindo em determinadas superfícies metálicas causava emissão de elétrons por essas superfícies; mas Hertz não apresentou uma teoria que explicasse sua observação. O físico alemão Philipp Lenard (1862-1947), assistente de Hertz na época, trabalhou para esclarecer tal efeito. Assim, construiu um aparato composto de duas placas metálicas submetidas a uma diferença de potencial e mantidas a vácuo no interior de uma ampola de vidro, semelhante ao esquema mostrado na **Figura 4.7**.

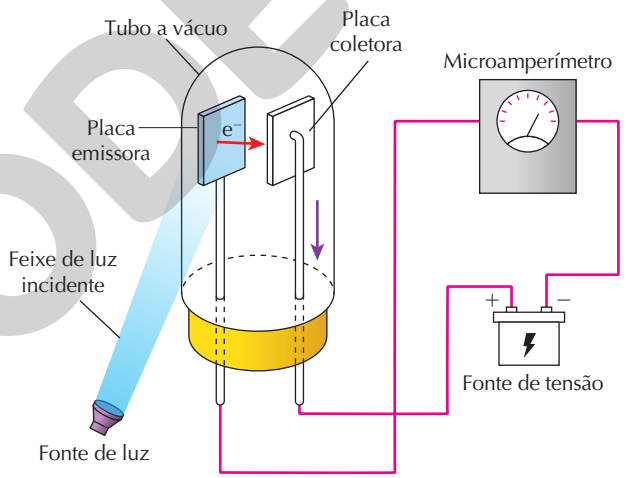


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 4.7 Representação esquemática do aparato construído por Lenard para o estudo do efeito fotoelétrico.

Quando o conjunto é colocado no escuro, o microamperímetro registra zero, ou seja, não há corrente elétrica. Quando uma radiação monocromática ilumina a placa emissora, cria-se um fluxo de cargas entre a placa emissora e a coletora que é registrado pelo microamperímetro. Esse fluxo resulta da corrente elétrica formada pelos elétrons emitidos pela placa emissora e coletados pela placa coletora.

Com esse experimento foi possível perceber que, quanto maior a intensidade da luz incidente, maior a quantidade de cargas elétricas emitidas. Também foi observado que o efeito fotoelétrico ocorre apenas acima de uma determinada frequência mínima, independentemente da intensidade da luz

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

MODERNA

incidente. Além disso, a energia cinética adquirida pelas cargas arrancadas da placa fotossensível também depende apenas da frequência da luz incidente, e não de sua intensidade.

Posteriormente, o físico britânico James Clerk Maxwell (1831-1879) explicaria a primeira observação considerando que a luz é uma onda eletromagnética gerada por variações de campos elétricos e magnéticos. Assim, campos elétricos da luz de grande intensidade seriam capazes de criar uma força elétrica suficiente para arrancar cargas da placa. Já a segunda observação não é prevista pela Física Clássica, pois o esperado seria que uma luz mais intensa (com maior energia) arrancasse mais elétrons sem depender de sua frequência. Outros experimentos mostraram que uma luz violeta (de maior frequência) podia arrancar elétrons de uma placa e uma luz vermelha (de menor frequência), não.

Com o objetivo de explicar esse fenômeno, o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) publicou um artigo intitulado "Um ponto de vista heurístico sobre a produção e transformação da luz", em 1905. Por esse trabalho e por suas contribuições à Física teórica, ele recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1921. No artigo, Einstein propôs um novo modelo para a luz com base nas conclusões do trabalho de Planck, que também havia recebido o Nobel de Física três anos antes.

Na visão de Einstein, cada fóton cede toda sua energia ($E = h \cdot f$) a um único elétron do metal. Uma parte dessa energia, denominada **função trabalho** (Φ), é usada para superar as forças de atração entre o elétron e o átomo. A função do trabalho depende da característica do material. O restante da energia do fóton incidente aparece na forma de energia cinética máxima ($E_{c_{máx}}$) adquirida pelo fóton, calculada conforme a **equação de Einstein para o efeito fotoelétrico**:

$$E_{c_{máx}} = h \cdot f - \Phi$$

Note que a energia cinética máxima recebida pelos elétrons até serem arrancados é uma função de primeiro grau da frequência da radiação incidente. No gráfico da **Figura 4.8** é possível observar duas dessas funções, cada uma delas relativa a um dos tipos de metal, com suas respectivas funções trabalho e frequências mínimas ($f_{mín}$) para que ocorra o efeito fotoelétrico. Essa frequência mínima também é chamada de **frequência de corte**.

Figura 4.8 Energia cinética máxima ($E_{c_{máx}}$) em função da frequência relativa a dois metais (I e II)

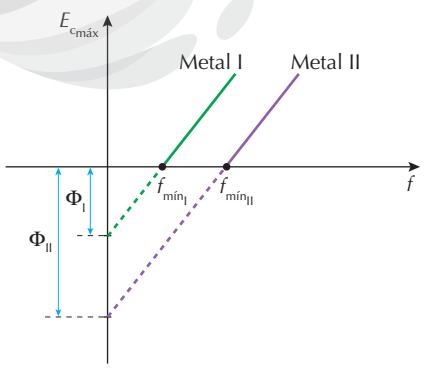


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Podemos calcular $F_{mín}$ da seguinte forma:

$$E_{c_{máx}} = h \cdot f - \Phi = 0 \therefore f_{mín} = \frac{\Phi}{h}$$

Note que o coeficiente angular é a constante de Planck (h); portanto, as retas sempre serão paralelas para todos os materiais.

A frequência de corte e a função trabalho são características de cada material. Por exemplo, no caso do ferro, a função trabalho (Φ) é de 4,74 eV. O elétron-Volt (eV) é uma unidade de medida de energia equivalente a $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.

Vejamos o exemplo a seguir, no qual uma lâmina de alumínio, cuja função trabalho vale 4,16 eV, recebe radiação ultravioleta de frequência de $1{,}5 \cdot 10^{15}$ Hz. Qual é a frequência de corte ($f_{mín}$) do alumínio? Qual é a energia dos fótons incidentes e a energia cinética máxima dos fótons emitidos? Considere $h = 4{,}14 \cdot 10^{-15}$ eV s.

De acordo com a equação do efeito fotoelétrico de Einstein, podemos calcular a frequência de corte da seguinte forma:

$$E_{c_{máx}} = h \cdot f - \Phi = 0 \Rightarrow f_{mín} = \frac{\Phi}{h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_{mín} = \frac{4{,}16 \text{ eV}}{4{,}14 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}} \therefore f_{mín} \simeq 1{,}0 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Para calcular a energia do fóton incidente, podemos usar a equação de Planck, considerando a frequência da radiação incidente; logo:

$$E = h \cdot f \Rightarrow E = 4{,}14 \cdot 10^{-15} \text{ eV s} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$
$$\therefore E = 6{,}21 \text{ eV}$$

Para calcular a energia cinética máxima dos fótons emitidos, podemos usar novamente a equação de Einstein, considerando a energia do fóton incidente calculada anteriormente.

$$E_{c_{máx}} = h \cdot f - \Phi \Rightarrow E_{c_{máx}} = 6{,}21 \text{ eV} - 4{,}16 \text{ eV}$$
$$\therefore E_{c_{máx}} = 2{,}05 \text{ eV}$$

Foto-oxidação

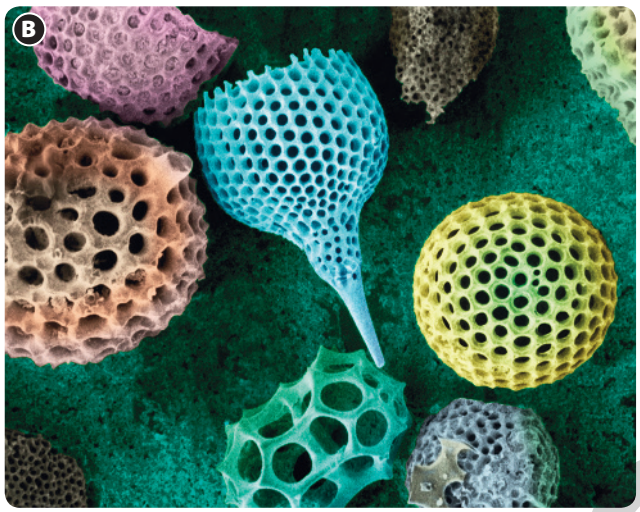
Vimos o efeito fotoelétrico na forma como foi inicialmente estudado, aplicado a metais. No entanto, ele pode ocorrer em vários tipos de materiais, metálicos ou não. Um exemplo de efeito fotoelétrico pode ser observado no início do processo de fotossíntese. Quando ondas eletromagnéticas de frequência adequada incidem em pigmentos fotossintéticos, ocorre a transferência de elétrons para uma das proteínas da cadeia transportadora de elétrons presente nos cloroplastos, culminando na fotólise da água e posterior síntese de glicídios pela planta. Essa transferência de elétrons em razão da incidência da luz é denominada **foto-oxidação**.

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

MODERNA

Dualidade onda-partícula

ELIZAVETA GALITCKAIA/SHUTTERSTOCK



DENNIS KUNKEL MICROSCOPY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

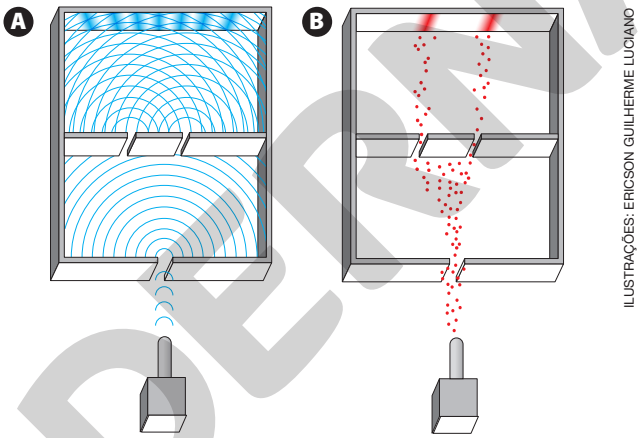
Figura 4.9 **(A)** Microscópio eletrônico de varredura. **(B)** Microscopia de radiolários. (Imagem obtida de microscópio eletrônico de varredura, colorizada artificialmente e ampliada cerca de 80 vezes.)

Em um microscópio eletrônico de varredura **(Fig. 4.9 A)**, a emissão de um feixe de elétrons (no lugar do feixe de luz do microscópio convencional) permite a obtenção de imagens de estruturas muito pequenas, como as da **Figura 4.9 B**. Mas, durante o percurso, será que os elétrons do feixe se comportam como partículas ou como ondas?

No mundo macroscópico, as propriedades de partículas e de ondas são bem definidas; já no mundo microscópico, os físicos observaram fenômenos que colocaram em dúvida a separação entre os conceitos de ondas e partículas. No início do século XX, experimentos começavam a mostrar que os constituintes mais básicos da matéria podiam se comportar ora como onda, ora como partícula.

Em 1800, o físico inglês Thomas Young (1773-1829) anunciou, perante a instituição científica Royal Society, de Londres, os resultados de uma série de estudos sobre o movimento ondulatório da luz, conhecidos como experimento dupla-fenda. Nesse experimento, uma fonte luminosa era direcionada a uma placa contendo dois orifícios, que funcionavam como duas fontes de luz em fase. A luz dessas fontes, por sua vez, incidia em um anteparo. Considerando o comportamento de onda da luz, as ondas de luz provenientes de cada fonte deveriam interagir por meio de interferências construtivas e destrutivas. Assim, no anteparo, apareciam regiões claras e escuras, correspondendo a essas interferências construtivas e destrutivas, respectivamente.

Observe o experimento da dupla-fenda na **Figura 4.10**. Em função de seu comportamento ondulatório, a luz, ao passar pelas duas fendas, produz regiões de interferência construtiva e destrutiva no anteparo devido ao fenômeno da difração (**Fig. 4.10 A**). Quando o experimento é repetido com partículas, o anteparo registra somente duas regiões distintas com alta concentração de partículas (**Fig. 4.10 B**).



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 4.10 **(A)** Experimento da dupla-fenda usando ondas. **(B)** O mesmo experimento, agora usando partículas. No anteparo ficam marcadas as regiões de interferência construtiva das ondas (azul) e a alta concentração de partículas (vermelho).

Até o início do século XX, considerava-se que os elétrons apresentavam um comportamento de partícula. No entanto, em 1927, os físicos estadunidenses Clinton Joseph Davisson (1881-1958) e Lester Halbert Germer (1896-1971) usaram elétrons em um experimento semelhante ao de Thomas Young e o resultado mostrou um padrão de interferência entre esses elétrons – o que seria esperado se eles apresentassem um comportamento de onda. Mesmo quando repetiam o experimento lançando um elétron por vez, a figura resultante de interferência era a mesma. No mesmo ano e de maneira independente, o físico inglês George Paget Thomson (1892-1975) – filho do físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), pioneiro no estudo do elétron – também obteve padrões de difração com elétrons.

Em 1924, o físico francês Louis de Broglie (1892-1987) apresentou o conceito de dualidade onda-partícula, segundo o qual as partículas da matéria, como elétrons e prótons, podem se comportar como onda ou como luz – conceito também estendido aos *quanta* de luz de Einstein (os fótons).

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

MODERNA

De Broglie propôs que um comprimento de onda associado a um elétron de massa m e velocidade v em uma determinada órbita ao redor do núcleo pode ser determinado pela relação:

$$\lambda_B = \frac{h}{m \cdot v}$$

em que h é a constante de Planck.

Nessa equação, o caráter ondulatório é representado pelo comprimento de onda (λ_B) e o caráter corpuscular, pela quantidade de movimento ($m \cdot v$) no denominador. Como a constante de Planck é um número muito pequeno, os efeitos ondulatórios não são observáveis em objetos na escala macroscópica. No entanto, em um elétron, que tem tamanho da ordem do angstrom (1 Å $= 10^{-10}$ m), os efeitos são perceptíveis, pois sua massa é muito pequena e sua velocidade é muito alta.

Para exemplificar, vamos calcular o comprimento da onda de De Broglie em dois casos bem distintos: no de uma pessoa de massa 70 kg, a uma velocidade de 5 m s^{-1}; e no de um elétron de massa $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg, a uma velocidade de $3 \cdot 10^6$ m s^{-1}.

No caso da pessoa e lembrando que 1 J = 1 kg m^2 s^{-2}, temos:

$$\lambda_{pessoa} = \frac{h}{m \cdot v} \Rightarrow \lambda_{pessoa} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{J s}}{70\ \text{kg} \cdot 5\ \text{m s}^{-1}}$$

$$\therefore \lambda_{pessoa} \simeq 1{,}89 \cdot 10^{-36}\ \text{m}$$

E no caso do elétron temos:

$$\lambda_{elétron} = \frac{h}{m \cdot v} \Rightarrow \lambda_{elétron} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ \text{J s}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \text{kg} \cdot 3 \cdot 10^6\ \text{m s}^{-1}}$$

$$\therefore \lambda_{elétron} \simeq 2{,}43 \cdot 10^{-10}\ \text{m}$$

Princípio da incerteza

Por meio da Física Clássica, usando as leis de Newton, a posição e a velocidade de um corpo ou objeto podem ser determinadas de forma precisa. Porém, existe uma limitação física quando estamos na escala atômica. Se quiséssemos observar um elétron, por exemplo, precisaríamos que ao menos um fóton interagisse com ele. No entanto, quando há essa interação, o fóton transfere parte de sua quantidade de movimento, alterando a velocidade e a posição do elétron. O simples fato de tentar observar o elétron, mesmo que com um único fóton, faz com que a velocidade e a posição mudem.

Essa indeterminação associada à posição e à velocidade foi proposta pelo físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976) e ficou conhecida como princípio da incerteza. Matematicamente, o princípio pode ser representado pela fórmula:

$$\Delta Q \cdot \Delta x \geqslant \frac{h}{4\pi}$$

em que Δx é a incerteza na determinação da posição, ΔQ é a incerteza na determinação da quantidade de movimento e h é a constante de Planck.

Portanto, não é possível determinar de maneira precisa a posição e a quantidade de movimento de uma partícula, o que impossibilita que se verifiquem as condições iniciais de seu movimento e o torna imprevisível. Isso tudo gerou uma nova forma de interpretar o Universo na escala subatômica, de modo probabilístico em vez de determinístico.

Modelo de Bohr

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) propôs um modelo no qual os elétrons ocupam apenas determinadas órbitas, chamadas de **estados estacionários**. Isso porque, como o elétron gira ao redor do núcleo, ele apresenta aceleração centrípeta (já que não está em uma trajetória retilínea) e deveria emitir radiação, perdendo energia e, por fim, colapsando no núcleo. Nessas órbitas, os elétrons podem girar sem perder energia e, portanto, sem emitir radiação.

De acordo com Bohr, os raios das órbitas circulares permitidas para o elétron de um átomo de hidrogênio são calculados por:

$$r_n = n^2 \cdot r_B$$

em que r_B é o raio de Bohr e n é o nível da órbita permitida. Quando $n = 1$, ele corresponde ao estado fundamental do átomo (primeiro estado estável). No caso do átomo de hidrogênio, o raio de Bohr vale 0,53 Å.

A energia de cada nível permitido para o átomo de hidrogênio, em elétron-Volt (eV), é calculada pela fórmula de Bohr:

$$E_n = \frac{-13{,}6\ \text{eV}}{n^2}$$

Costuma-se adotar como zero a energia de um elétron muito distante do átomo ($n \longrightarrow \infty$). Os níveis dos estados ligados são sempre menores, uma vez que a tendência natural do elétron é ocupar um nível de menor energia possível. Portanto, de acordo com essa referência, os valores de energia desses níveis são negativos. Os níveis de menor energia dos estados estacionários possíveis para o átomo de hidrogênio estão representados na **Figura 4.11**.

Figura 4.11 Diagrama dos níveis de energia (n) para o átomo de hidrogênio

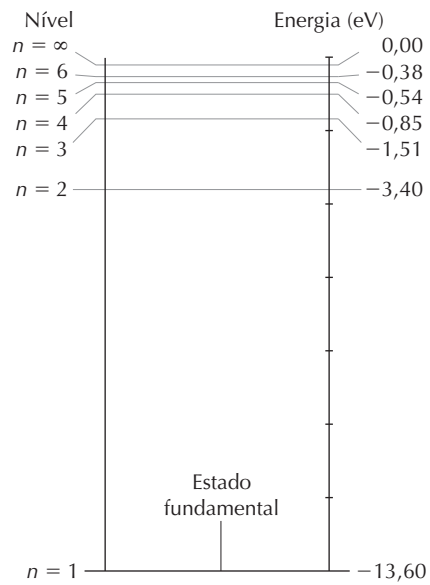


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Considerando a distribuição dos níveis de energia do átomo de hidrogênio, qual é a energia necessária para ionizar um átomo desse elemento, considerando que ele esteja em seu estado fundamental? Qual deve ser a frequência de um fóton emitido na transição do estado 3 para o estado 1?

Para que a ionização ocorra, a energia absorvida pelo elétron deve promover uma transição do nível inicial (nesse caso, $n = 1$) para o infinito, ou seja, a energia deve variar de $-13{,}6$ eV até 0; portanto:

$\Delta E = 0 \text{ eV} - (-13{,}6 \text{ eV}) \therefore \Delta E = 13{,}6 \text{ eV}$

Para calcular a frequência de um fóton emitido na transição do estado 3 para o estado 1, primeiro deve-se calcular a diferença de energia entre os dois níveis; assim:

$E_3 - E_1 = -1{,}5 \text{ eV} - (-13{,}6 \text{ eV}) \therefore \Delta E = 12{,}1 \text{ eV}$

Agora, usando a equação de Planck e convertendo 12,1 eV em J, sendo $12{,}1 \text{ eV} = 19{,}36 \cdot 10^{-19}$ J, é possível calcular a frequência correspondente à energia do fóton; logo:

$\Delta E = h \cdot f \Rightarrow 19{,}36 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot f$

$\therefore f \simeq 2{,}9 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

No modelo de Bohr, quando o elétron emite um fóton (ou seja, emite radiação eletromagnética) com uma certa frequência, ele perde energia e vai de uma órbita com raio maior para uma com raio menor. É o mesmo que dizer que ele vai de um estado de maior energia para um de menor energia. O processo inverso é observado se o elétron absorve um fóton. A diferença de energia é dada pela equação de Planck.

A radiação eletromagnética, por sua vez, pode ser decomposta em um intervalo de frequências ou comprimentos de ondas chamado de **espectro eletromagnético**. Ele abrange desde as ondas de rádio até os raios gama, conforme mostra a **Figura 4.12**.

Quando um gás é aquecido, ele emite luz em determinados comprimentos de onda, formando um espectro de cores chamado de **espectro de emissão**. Se o gás absorve os fótons, o espectro formado é chamado de **espectro de absorção**. Como a absorção e a emissão ocorrem somente em determinados comprimentos de onda, apenas algumas linhas serão visíveis em um diagrama espectral.

Para construir um diagrama espectral, deve-se preencher um tubo com gás e aplicar uma tensão elétrica em suas extremidades, de modo que, em seu interior, ocorra uma corrente elétrica suficiente para gerar emissão de luz.

A luz emitida nesse experimento é decomposta por um prisma em um aparelho chamado espectroscópio. Como resultado, é gerado um diagrama (o espectro de emissão) contendo uma série de linhas, cada uma delas referente a um respectivo comprimento de onda, conforme a **Figura 4.13**.

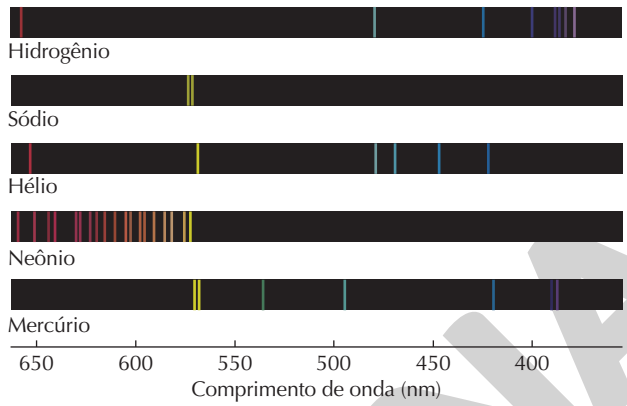


Figura 4.13 Espectro de emissão do hidrogênio (H), sódio (Na), hélio (He), neônio (Ne) e mercúrio (Hg) em função do comprimento de onda.

O espectro formado é único para cada elemento químico. Assim, ele é usado para identificar quais elementos químicos estão presentes em uma amostra, como os pigmentos presentes em plantas ou mesmo em uma estrela distante. Esse estudo é conhecido como espectroscopia.

Fique por dentro

Espectro de corpo negro

Aplicativo *on-line* que permite ajustar a temperatura para ver o comprimento de onda e intensidade da alteração do espectro, assim como a cor do pico da curva espectral.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_pt_BR.html>.

Efeito fotoelétrico

Veja como a luz bate em elétrons de um alvo metálico e recrie a experiência que deu origem ao campo da Mecânica Quântica.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locate=pt_BR>.

Acessos em: 16 abr. 2020.

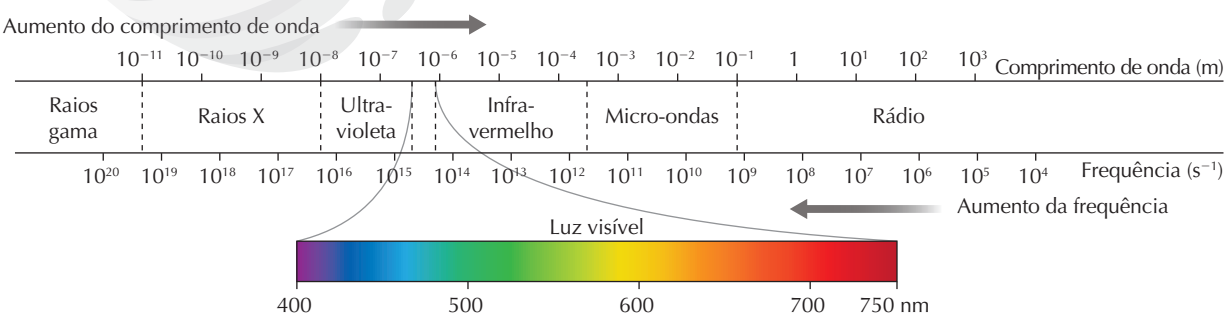


Figura 4.12 Espectro eletromagnético.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Atividades

Registre em seu caderno

1. (UFPR) Entre as inovações da Física que surgiram no início do século XX, uma foi o estabelecimento da teoria ■, que procurou explicar o surpreendente resultado apresentado pela radiação e pela matéria conhecido como dualidade entre ■ e ondas. Assim, quando se faz um feixe de elétrons passar por uma fenda de largura micrométrica, o efeito observado é o comportamento ■ da matéria, e quando fazemos um feixe de luz incidir sobre uma placa metálica, o efeito observado pode ser explicado considerando a luz como um feixe de ■.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de palavras para o preenchimento das lacunas nas frases acima.

a) Relativística – partículas – ondulatório – partículas.
b) Atomística – radiação – rígido – ondas.
c) Quântica – partículas – ondulatório – partículas.
d) Relativística – radiação – caótico – ondas.
e) Quântica – partículas – ondulatório – ondas.

2. Uma estação de rádio funciona com frequência de 103,7 MHz com uma potência de saída de 200 kW. Calcule a quantidade de fótons emitidos por segundo por essa estação. Considere a constante de Planck $h = 4{,}14 \cdot 10^{-15}$ eV s.

3. A energia necessária para que um elétron seja removido do sódio é 2,3 eV. Qual é o comprimento de onda de corte para a emissão fotoelétrica do sódio? O sódio apresenta efeito fotoelétrico para a luz amarela, com $\lambda = 5.890$ Å? Considere $h = 4{,}14 \cdot 10^{-15}$ eV s.

4. Considerando que a lei de Wien seja válida para a pele humana, e que ela esteja a 37 °C, qual deve ser o comprimento de onda dessa radiação? Ela está na faixa da luz visível (400 nm a 700 nm)?

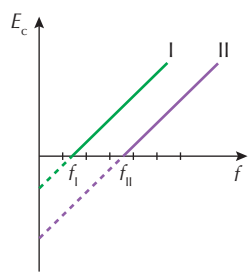
5. Calcule o comprimento de onda de De Broglie associado aos seguintes corpos e interprete se sua ordem de grandeza é significativa em sua escala de tamanho.

a) Elétron de massa $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg e velocidade $30 \cdot 10^{5}$ ms^{-1}.
b) Bolinha de gude de massa 25 g e velocidade 10 m s^{-1}.

Considere a constante de Planck $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J s.

6. Qual será o raio da órbita de um elétron (em angstrom) de um átomo de hidrogênio se ele estiver no nível fundamental? E se estiver em seu primeiro estágio excitado ($n = 2$)? Considere o raio de Bohr $r_B = 0{,}53$ Å, em que 1 Å $= 10^{-10}$ m.

7. (UFRGS) O gráfico ao lado mostra a energia cinética E_c de elétrons emitidos por duas placas metálicas, I e II, em função da frequência f da radiação eletromagnética incidente.

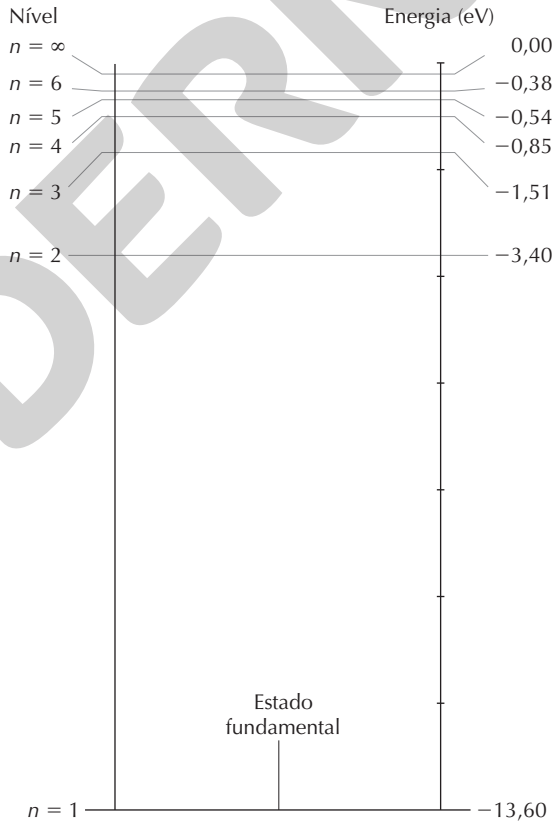


Sobre essa situação, são feitas três afirmações.

I. Para $f > f_{II}$, a E_c dos elétrons emitidos pelo material II é maior do que a dos elétrons emitidos pelo material I.
II. O trabalho realizado para liberar elétrons da placa II é maior do que o realizado na placa I.
III. A inclinação de cada reta é igual ao valor da constante universal de Planck, h. Quais estão corretas?

a) Apenas I.
b) Apenas II.
c) Apenas III.
d) Apenas II e III.
e) I, II e III.

8. Suponha que um átomo de hidrogênio, em seu estado fundamental, receba dois fótons com energias 9,25 eV e 12,75 eV. Consultando, a seguir, o diagrama de energias de estados possíveis desse átomo, responda:



a) Qual deles poderá ser absorvido pelo átomo em seu estado fundamental? Por quê?
b) Considerando a absorção desse fóton em seu estado fundamental, em qual estado deve ficar esse átomo?
c) Em estado excitado, o átomo pode decair para outros estados por meio da emissão de radiação eletromagnética para quais níveis? Calcule, com a equação de Planck, a energia emitida e a frequência de cada uma das radiações que podem ser emitidas. Considere a constante de Planck $h = 4{,}14 \cdot 10^{-15}$ eV s.

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

9. (UFU-MG) Em 1926, Louis de Broglie formula, na sua tese de doutorado, que as partículas deveriam se comportar como ondas, da mesma forma que a luz, considerada primeiramente como de caráter ondulatório, deveria ser descrita como partícula para explicar o comportamento do espectro de radiação de um corpo negro. A hipótese de De Broglie foi confirmada experimentalmente de forma independente por George P. Thomson e Joseph Davisson, em experiências realizadas usando elétrons em que a difração de partículas foi observada pela primeira vez. Nestes experimentos, as partículas incidem em uma rede de difração, que consiste de uma série de fendas do mesmo comprimento localizadas a uma distância igualmente espaçada, conhecida como espaçamento da rede. O comprimento da fenda deve ser comparável com o comprimento da onda incidente.

Na tabela 1, são reportados alguns comprimentos de onda, λ, de objetos materiais, todos se movendo com velocidade igual a 100 m s^{-1}.

Tabela 1

Objeto	Massa (kg)	λ (m)
Elétron	$9{,}1 \cdot 10^{31}$	$7{,}27 \cdot 10^{-6}$
Nêutron	$1{,}7 \cdot 10^{-27}$	$3{,}89 \cdot 10^{-9}$
Bola de basebol	0,14	$1{,}18 \cdot 10^{-34}$

Na tabela 2, são reportados os valores de algumas distâncias na natureza.

Tabela 2

Objeto	Massa (kg)
Raio do átomo de hidrogênio	$0{,}53 \cdot 10^{-10}$
Espaçamento da rede cristalina do ouro	$10^{-5} \cdot 10^{-7}$
Espaçamento da rede cristalina do grafito-cobre	10^{-12}

Analise as seguintes afirmações sobre os dados das tabelas.

I. O comprimento de onda é inversamente proporcional ao momento linear da partícula, com uma constante de proporcionalidade da ordem de 10^{-34}.

II. Pode-se usar um arranjo de átomos de hidrogênio para estudar a difração de bolas de basebol.

III. Lâminas de ouro podem ser usadas como redes de difração em experimentos de difração de elétrons.

Usando a tabela e as informações do enunciado, assinale a alternativa que apresenta as afirmações corretas.

a) Apenas I.
b) Apenas I e III.
c) Apenas I e II.
d) Apenas III.

10. (UFJF-MG) O átomo de hidrogênio é composto por um próton e um elétron. No estado fundamental, a energia de ligação entre eles é de −13,60 eV. A energia de ligação do primeiro estado excitado é −3,40 eV, e a do segundo é −1,50 eV, conforme representado na figura A. Considere que o elétron esteja no segundo estado excitado. Para decair para o estado fundamental, ele emitirá fótons. A figura B representa linhas de espectro de emissão do átomo de hidrogênio, com os respectivos valores de energia indicados. Quais linhas podem aparecer nesse decaimento?

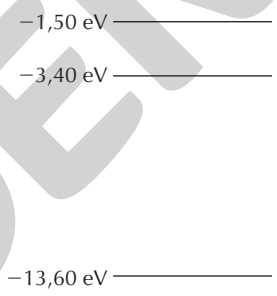


Figura A

Figura B

a) Somente as linhas com energia 12,10 eV, 10,20 eV e 1,90 eV.
b) Somente a linha com energia 12,10 eV.
c) Com exceção da linha de 12,75 eV, todas as demais.
d) Somente a linha com energia 12,75 eV.
e) Somente as linhas com energia 10,20 eV e 1,90 eV.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODELO

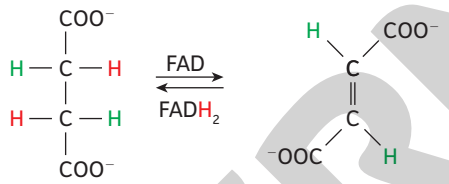
TEMA 5

Oxirredução

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 6; 7; 9
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT301; EM13CNT307

Muitos processos metabólicos envolvem reações de oxirredução, também chamadas de redox, que se caracterizam pela **transferência de elétrons** entre espécies químicas. Às vezes, percebemos a ocorrência desse tipo de reação pela mudança na carga elétrica das partículas – por exemplo, quando o Fe^{2+} da proteína citocromo c é oxidado, passando a Fe^{3+} na cadeia de transporte de elétrons durante a respiração celular. Mas, frequentemente, a transferência de elétrons não é óbvia, como no caso da oxidação do succinato em fumarato com a redução simultânea do dinucleotídeo de flavina e adenina (FAD). Essa reação faz parte do ciclo de Krebs, que foi descrito pelo bioquímico alemão Hans Adolf Krebs (1900-1981) e será estudado em mais detalhes no próximo Tema (**Fig. 6.12**).



Succinato — Fumarato

Como os elétrons estão envolvidos na formação de ligações químicas, sua transferência, às vezes, é acompanhada da transferência de átomos de um reagente para outro. Nesse caso, um átomo de hidrogênio (H) de cada átomo de carbono (C) do succinato foi transferido para o FAD com um elétron. O succinato é oxidado pela coenzima FAD, que, por isso, é denominada **agente oxidante**, ou seja, a espécie química que causa a oxidação de outra. Como uma reação de oxidação é sempre acompanhada de uma reação de redução e vice-versa, a coenzima FAD é reduzida pelo succinato, que nesse caso é denominado **agente redutor**. Pela mesma razão, a quantidade de elétrons que sai do succinato é a quantidade de elétrons capturada pelo FAD. Essa reação é catalisada pela enzima succinato desidrogenase, na mitocrondria.

Chame a atenção dos estudantes para a reversibilidade das reações de oxirredução indicada pela seta dupla. Comente que a enzima succinato desidrogenase faz parte da cadeia de transporte de elétrons. Verifique se eles compreendem que $FADH_2$ é a sigla da forma reduzida da coenzima. Como em sistemas biológicos as reações se processam fora da condição de equilíbrio químico, optamos por representar as setas com ponta cheia.

Número de oxidação

Para nos ajudar a reconhecer uma reação de oxirredução e acertar os coeficientes estequiométricos de algumas equações químicas, como veremos mais à frente, recorremos ao conceito de estado de oxidação e à determinação do número de oxidação (Nox) das espécies químicas. Dessa forma, uma reação de oxirredução pode ser entendida como aquela em que ocorre a **variação do Nox** de uma ou mais espécies químicas. A reação de oxidação levaria ao aumento do Nox e a reação de redução, a sua diminuição.

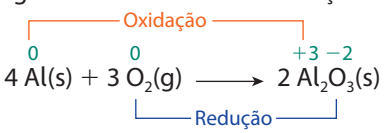
Vamos explorar dois exemplos. Os números indicados em verde nas equações químicas a seguir são os números de oxidação.

- Oxidação do nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-) realizada por algumas bactérias ecologicamente importantes:

$$\overset{+3\,-2}{NO_2^-}(aq) + \overset{+1\,-2}{H_2O}(l) \rightleftharpoons \overset{+5\,-2}{NO_3^-}(aq) + 2\,\overset{+1}{H^+}(aq) + 2\,e^-$$

- Formação de um óxido, um composto binário em que um átomo de oxigênio apresenta Nox −2, quando o alumínio metálico (Al), usado em embalagens e em outros objetos, é exposto ao oxigênio atmosférico em condição ambiente (25 °C e 1 atm):

Para checar a compreensão dos estudantes, peça que identifiquem o agente redutor e o agente oxidante nesse exemplo.



Fique por dentro

Microcosmos: quatro bilhões de anos de evolução microbiana

MARGULIS, L.; SAGAN, D. São Paulo: Cultrix, 2002.

Esse livro de divulgação científica trata, no capítulo denominado *O holocausto do oxigênio*, da crise ecológica que se sucedeu à mudança da atmosfera da Terra primitiva de redutora para oxidante.

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

MODERNA

Cada espécie química apresenta um estado de oxidação que pode ser positivo, negativo ou zero, dependendo da substância da qual faz parte. O estado de oxidação de íons monoatômicos, como o cátion hidrogênio (H^+) no primeiro exemplo, não é conceitual como no caso das espécies químicas em moléculas (como H_2O e O_2) ou em íons poliatômicos (como o nitrito, NO_2^-). Para íons monoatômicos, ou seja, íons formados a partir de apenas um tipo de átomo, o número de oxidação é igual à carga do íon. Logo, o Nox do cátion hidrogênio é $+1$.

Na fórmula dos compostos iônicos, como o Al_2O_3, a carga de cada íon não fica aparente, mas pode ser consultada em tabelas de cátions e ânions. Assim, no óxido de alumínio, o cátion Al^{3+} apresenta Nox $+3$, enquanto o ânion óxido apresenta Nox -2. Note o aumento do Nox do alumínio de 0 para $+3$, indicando que essa espécie química é oxidada na reação, e a diminuição do Nox do oxigênio (O) de 0 para -2, demonstrando que essa é a espécie química reduzida na reação.

Como as substâncias são espécies químicas eletricamente neutras, a soma de todos os Nox atribuídos aos íons deve ser igual a zero. Observe:

Íon	Proporção indicada na fórmula	Nox de cada íon	Soma do Nox dos íons	Nox total do composto
Al^{3+}	2	$+3$	$2 \cdot (+3) = +6$	$-6 + 6 = 0$
O^{2-}	3	-2	$3 \cdot (-2) = -6$	

Eletronegatividade e a determinação do Nox

Em substâncias moleculares e íons poliatômicos, o Nox de um átomo é a carga hipotética atribuída a ele nessas espécies químicas com base na **eletronegatividade**, uma propriedade periódica dos elementos químicos (**Fig. 5.1**).

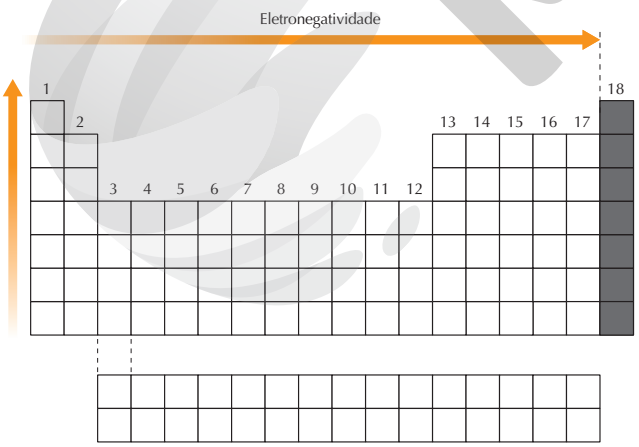


Figura 5.1 A eletronegatividade, de modo geral, aumenta ao longo do período (linhas) e diminui ao longo do grupo (colunas). Como essa propriedade tem como base a formação de ligações químicas, ela não é considerada no caso dos gases nobres (grupo 18).

A eletronegatividade pode ser entendida como a tendência de um átomo em atrair elétrons para si em uma ligação química covalente, ou seja, em uma ligação química estabelecida por meio do compartilhamento de um par de elétrons. Nesses casos, ao determinar o Nox, todos os elétrons compartilhados são atribuídos ao átomo mais eletronegativo.

Vejamos o exemplo da água (H_2O). O hidrogênio está no grupo 1 da tabela periódica e, como tal, apresenta um elétron na camada de valência ($K = 1$). O oxigênio está no grupo 16 e, como tal, apresenta seis elétrons na camada de valência ($K = 2$; $L = 6$). Na simbologia adotada a seguir, cada elétron de valência é representado como um ponto e cada par de elétrons compartilhado, como um traço.

Símbolos de Lewis (elementos químicos)	·Ö·	H·
Fórmula eletrônica ou fórmula de Lewis (substância)	H:Ö:H	
Fórmula estrutural plana (substância)	H—O—H	

Para determinação do Nox, os elétrons da ligação são atribuídos ao oxigênio, o átomo mais eletronegativo, segundo a **Figura 5.1**. Isso dá a ele oito elétrons na camada de valência, dois a mais que o átomo isolado. Por esse motivo, designa-se a ele o Nox -2. O hidrogênio não fica com nenhum elétron de valência (um elétron a menos em relação ao átomo isolado), e atribui-se a ele o Nox $+1$.

Peça aos estudantes que reanalisem a semirreação de oxidação do nitrito.

Como as substâncias são espécies químicas eletricamente neutras, a soma de todos os Nox atribuídos aos átomos de uma molécula deve ser igual a zero. Analise o caso da água: $(+1) + (-2) + (+1) = 0$ ou $1 \cdot (-2) + 2 \cdot (+1) = 0$.

Vejamos agora o exemplo do gás oxigênio (O_2).

Símbolo de Lewis (elemento químico)	·Ö·
Fórmula eletrônica ou fórmula de Lewis (substância)	Ö::Ö
Fórmula estrutural plana (substância)	O═O

Quando os átomos de um mesmo elemento químico estão unidos por ligações covalentes, como nas moléculas de substâncias simples, não há diferença de eletronegatividade entre eles. Dessa forma, na determinação do Nox de cada um desses átomos, os elétrons da ligação são atribuídos igualmente. Como não há diferença entre os elétrons atribuídos a cada átomo e a configuração eletrônica da camada de valência do átomo de oxigênio, o Nox zero é designado a cada átomo. Note que as ligações com átomos do mesmo elemento químico não afetam o estado de oxidação.

Peça aos estudantes que reanalisem a reação de formação do óxido de alumínio. Enfatize que o alumínio metálico é uma substância simples.

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

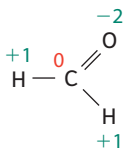
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Atente que o Nox não representa a carga elétrica real de um átomo que estabelece ligações covalentes. A atribuição dos elétrons da ligação covalente a um átomo, considerando sua eletronegatividade, é apenas um artifício utilizado para determinar o Nox e, assim, poder identificar sua variação em reações de oxirredução.

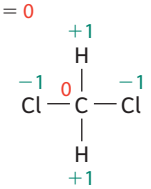
É importante também ter em mente que não é porque o estado de oxidação dos elementos químicos é o mesmo em diferentes moléculas ou íons poliatômicos que essas espécies químicas apresentam similaridades estruturais. Por exemplo, para determinar o Nox do átomo de carbono, Nox(C), no metanal e no diclorometano, devemos considerar que, em relação ao carbono, os elementos oxigênio e cloro são mais eletronegativos e o elemento hidrogênio é menos eletronegativo. Além disso, como os dois compostos apresentam carga total igual a zero, podemos calcular o Nox(C) como segue:

$\text{Nox(C)} + 2 \cdot (+1) + (-2) = 0$
$\text{Nox(C)} = 0$



Metanal

$\text{Nox(C)} + 2 \cdot (+1) + 2 \cdot (-1) = 0$
$\text{Nox(C)} = 0$



Diclorometano

Note que o átomo de oxigênio forma duas ligações e, por isso, atrai mais fortemente dois elétrons compartilhados com o de carbono.

É possível calcular o Nox de um elemento químico presente em qualquer íon poliatômico desde que se conheça o Nox de outros elementos químicos que comumente não variam entre os diversos compostos, além da fórmula e da carga total do íon. Vamos avaliar o caso do íon nitrato (NO_3^-). Como a carga do íon é -1, a soma dos Nox dos elementos químicos que o formam deve resultar nesse valor. Denominando por x o Nox do nitrogênio (N), temos:

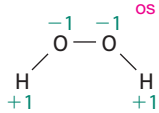
$1 \cdot x + 3 \cdot (-2) = -1 \Rightarrow x - 6 = -1 \therefore x = +5$

Peça aos estudantes que apliquem esse procedimento para verificar o Nox do nitrito.

Nox mais comuns

Muitos elementos químicos representativos (grupos 1, 2, 13-18) apresentam valores de Nox que praticamente não variam nos compostos. Esse é o caso dos metais alcalinos (Nox $+1$), dos metais alcalinoterrosos (Nox $+2$) e do flúor (Nox -1). É também o caso do oxigênio e do hidrogênio, com algumas exceções: por exemplo, o Nox do oxigênio nos peróxidos e o do hidrogênio nos hidretos é -1. No entanto, o número de oxidação do carbono (C) pode variar de -4 até $+4$, embora a possibilidade de múltiplos estados de oxidação seja mais comum entre os elementos químicos de transição (grupos 3-12). Enquanto o zinco apresenta Nox $+2$, o manganês, por exemplo, pode apresentar Nox $+2$, $+4$ e $+7$.

Peça aos estudantes que localizem os elementos químicos representativos e os de transição na tabela periódica.



Peróxido de hidrogênio

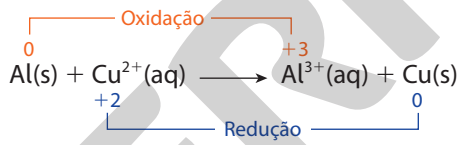
Hidreto de lítio

Balanceamento das equações químicas de oxirredução

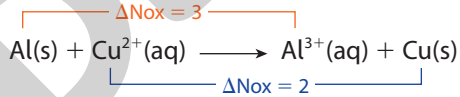
Assim como em qualquer outro processo químico, nas reações de oxirredução o balanceamento das equações químicas deve obedecer à lei da conservação das massas. Porém, para essas reações, é necessário considerar também o balanceamento de cargas, de forma que ao número de elétrons cedidos corresponda igual número de elétrons recebidos.

Utilizando como exemplo a representação da reação de oxidação do alumínio metálico por íons $Cu^{2+}(aq)$ em solução, podem-se estabelecer as seguintes etapas para realizar o balanceamento.

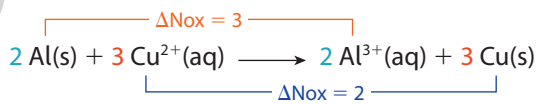
1. Determinar o número de oxidação de todas as espécies químicas presentes para reconhecer quais delas foram oxidadas e quais foram reduzidas:



2. Registrar o número de elétrons cedidos e recebidos por meio do módulo da variação do Nox, representado por ΔNox:



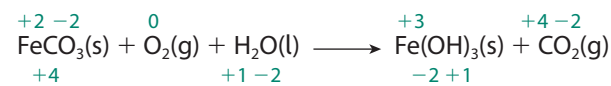
3. Igualar o número de elétrons cedidos e recebidos usando coeficientes estequiométricos adequados.



Usando os coeficientes 2 e 3 para o Al(s) e para os íons $Cu^{2+}(aq)$, respectivamente, iguala-se a quantidade de elétrons cedidos e recebidos: $2 \cdot 3\ e^- = 3 \cdot 2\ e^-$.

Em equações químicas na forma iônica, preste atenção ao fato de que a carga elétrica total do lado dos reagentes deve ser igual à carga elétrica total do lado dos produtos. Assim, para a reação em questão, há uma carga de $3 \cdot (+2) = +6$ no primeiro membro da equação e de $2 \cdot (+3) = +6$ no segundo membro.

Acompanhe outro exemplo, uma reação química envolvendo íons ferro que certos microrganismos utilizam para obter energia, em uma das modalidades do processo denominado **quimiossíntese**. A equação química que representa a reação está esquematizada de forma não balanceada com os Nox de todas as espécies indicados em verde.



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

MODERNA

Da análise dos Nox, concluímos que os íons ferro presentes no carbonato de ferro(II) foram oxidados e os átomos de oxigênio do gás oxigênio foram reduzidos. Assim, o Fe^{2+} é o agente redutor e o O_2 é o agente oxidante.

Conhecidas as espécies que foram oxidadas e que foram reduzidas, pode-se registrar o número de elétrons cedidos e recebidos por meio do módulo da variação do Nox: $|\Delta Nox(Fe)| = 1$; $|\Delta Nox(O)| = 2$.

Igualando o número de elétrons cedidos e recebidos, levando em conta a quantidade de átomos de oxigênio presente na molécula de gás oxigênio, temos: $2 \cdot 2\ e^- = x \cdot 1\ e^- \Rightarrow x = 4$.

O que nos leva aos coeficientes estequiométricos 4 para as espécies contendo ferro e 1 para o gás oxigênio:

$$4\ FeCO_3(s) + 1\ O_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3(s) + CO_2(g)$$

Por fim, realizamos o balanço de massa das espécies presentes, chegando à equação química final:

$$4\ FeCO_3(s) + 1\ O_2(g) + 6\ H_2O(l) \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3(s) + 4\ CO_2(g)$$

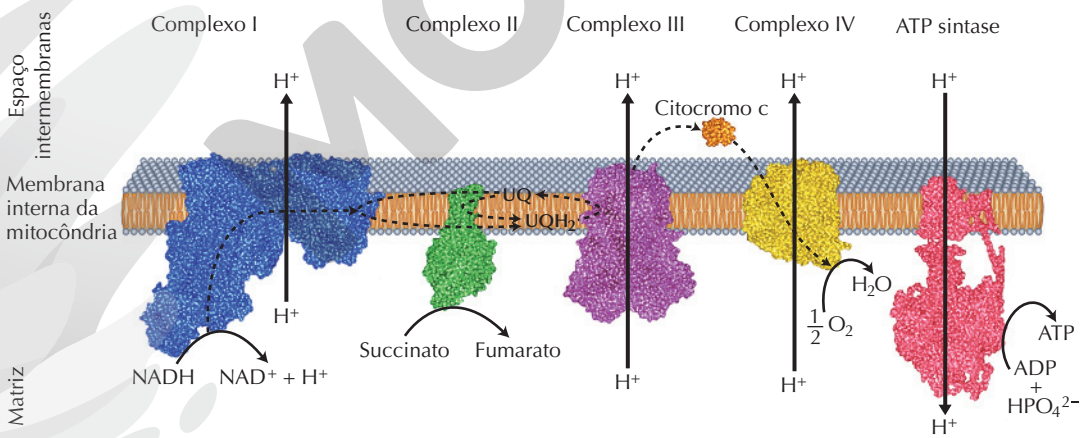
:: Reatividade das espécies químicas e espontaneidade das reações

Comente que nos procariontes esses transportadores de elétrons ficam na membrana plasmática.

As mitocôndrias (**Fig. 3.2**) têm um conjunto de substâncias em sua membrana interna, ou associadas a ela, organizadas de forma que se obtém um fluxo de elétrons por meio de sucessivas reações de oxirredução (**Fig. 5.2**). Por meio dessa organização, o composto reduzido de um componente do sistema é oxidado pelo composto oxidado do componente seguinte. Veja o exemplo:

$$\underset{\substack{\text{Dinucleotídeo de}\\ \text{nicotinamida e}\\ \text{adenina reduzido}}}{NADH(aq)} + \underset{\substack{\text{Mononucleotídeo}\\ \text{de flavina oxidado}\\ \text{(Complexo I)}}}{H^+(aq) + FMN(aq)} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{Dinucleotídeo de}\\ \text{nicotinamida e}\\ \text{adenina oxidado}}}{NAD^+(aq)} + \underset{\substack{\text{Mononucleotídeo}\\ \text{de flavina reduzido}\\ \text{(Complexo I)}}}{FMNH_2(aq)}$$

Essas reações de oxirredução fornecem a energia necessária para bombear, através de proteínas, íons H^+ da matriz para o espaço intermembranas, criando um potencial eletroquímico na organela, ou seja, um gradiente de concentração e de carga elétrica. Esse potencial eletroquímico é convertido em energia potencial química na formação de trifosfato de adenosina (ATP) a partir de difosfato de adenosina (ADP) e íons hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}), catalisada pela enzima ATP sintase.



Fonte consultada: LETTS, J. A.; SAZANOV, L. A. Clarifying the supercomplex: the higher-order organization of the mitochondrial electron transport chain. *Nature Structural & Molecular Biology*, v. 24, p. 800-808, 2017.

ILUSTRAÇÃO: LUCA NAVARRO

Figura 5.2 Representação esquemática simplificada da cadeia de transporte de elétrons em eucariontes. Os complexos são formados por várias proteínas associadas. As setas tracejadas representam o caminho dos elétrons. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Destaque o caráter lipofílico da ubiquinona e ressalte que os complexos I a IV têm regiões de sua estrutura com caráter hidrofílico e regiões com caráter lipofílico.

Note que os elétrons, tanto do complexo I quanto do complexo II, são transferidos para a ubiquinona (UQ), ou coenzima Q (CoQ), que, por sua vez, os transfere para o complexo III, composto pelos citocromos (b e c_1). Do complexo III os elétrons são transferidos para o citocromo c, deste para o complexo IV e, por fim, para o aceptor final, o O_2. Dessa forma, o transporte mitocondrial de elétrons pode ser monitorado pela taxa de consumo de O_2 com o auxílio de um oxímetro.

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

Diferença de potencial e o conceito de potencial-padrão

Que condições são necessárias para produzir um fluxo contínuo de elétrons através de um circuito por meio de reações de oxirredução?

As semirreações de oxidação e de redução podem ser fisicamente separadas, e os elétrons podem ser transferidos entre os dois compartimentos, por exemplo, por meio de um fio condutor gerando energia elétrica. Cada compartimento é chamado de **semicélula**, e a energia disponível para realizar trabalho liberada na reação de oxirredução pode ser facilmente estimada pela medida da **diferença de potencial** (tensão elétrica) entre as duas semicélulas utilizando-se um voltímetro. Cada semicélula pode ser montada empregando-se a mesma substância em diferentes concentrações ou substâncias diferentes.

Um exemplo do primeiro caso é quando temos nas duas semicélulas uma placa de cobre (Cu) mergulhada em uma solução de íons $Cu^{2+}(aq)$, em que a solução em uma das semicélulas tem concentração igual a 1 mol L^{-1} e a solução na outra semicélula tem concentração igual a 0,1 mol L^{-1}. Nesse caso, os íons da solução de maior concentração são reduzidos e a placa metálica da solução menos concentrada é oxidada. Se não houver interferência externa, após algum tempo a reação para, pois as concentrações se igualam e deixa de existir uma diferença de potencial.

Dizemos que as placas metálicas são os eletrodos, as soluções, os eletrólitos e o conjunto é chamado de **pilha**. O eletrodo da semicélula de redução pode ser substituído por um material inerte, como a platina (Pt). Esse tipo de eletrodo não participa da reação, apenas permite a passagem do fluxo de elétrons.

Um exemplo do segundo caso é quando temos uma placa de zinco (Zn) mergulhada em uma solução aquosa contendo íons $Zn^{2+}(aq)$ em uma semicélula e uma placa de cobre (Cu) mergulhada em uma solução contendo íons $Cu^{2+}(aq)$ na outra semicélula. O processo é representado a seguir (**Fig. 5.3**).

Semirreação de oxidação	$Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Semirreação de redução	$Cu^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Cu(s)$
Equação global	$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

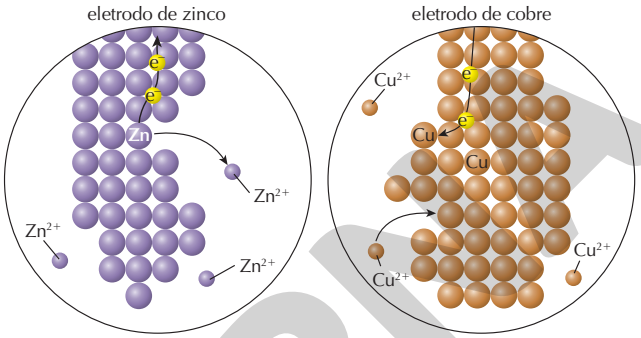


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 5.3 Modelos submicroscópicos das reações que ocorrem na interface eletrodo/eletrólito no caso do zinco e do cobre. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

De forma análoga ao primeiro caso, se não houver interferência externa, após algum tempo a reação deixa de ocorrer em função da depleção de íons $Cu^{2+}(aq)$. Por exemplo, na cadeia de transporte de elétrons das mitocôndrias o aceptor final dos elétrons é o O_2, o qual deve ser constantemente suprido para que o fluxo de elétrons não pare.

Mas como saber, entre o zinco e o cobre, por exemplo, qual será o agente redutor e o agente oxidante? Determinada substância sempre será o agente redutor ou o agente oxidante em qualquer situação?

Prática investigativa

Agentes oxidantes e redutores na produção de corrente elétrica

Objetivo

Avaliar as características que os materiais devem ter e o modo como eles devem estar dispostos para que se possa obter um fluxo de elétrons a partir de reações de oxirredução.

Material

- 2 maçãs e 1 limão ou 3 maçãs (o ideal é que metade dos grupos realize a etapa II com uma maçã e a outra metade com um limão)
- 2 pregos ou lâminas de ferro com cerca de metade da altura das maçãs
- 2 lâminas de zinco ou pregos galvanizados com cerca de metade da altura das maçãs

Antes de iniciar a atividade, reúna-se em grupo, leia todo o procedimento e consulte o infográfico Segurança no laboratório, no início deste Volume.

Continua

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

Cuidados

Segurança

- Manusear os pregos com atenção para que não causem ferimentos. Se a pele desprotegida entrar em contato com o suco do limão, lavar o local para evitar queimaduras por exposição ao Sol. É recomendável que o professor seja o responsável por cortar as frutas e manusear o multímetro.

Descarte

- As frutas devem ser descartadas no lixo orgânico. O restante do material pode ser limpo e guardado para futuro reaproveitamento.

- 2 conectores do tipo jacaré pequenos e com fio
- 2 placas de Petri (ou pires)
- 2 pedaços de fio de cobre maciço desencapado com cerca de metade da altura das maçãs
- Faca
- Multímetro
- Esponja de aço
- Detergente

Prepare-se!

1. Que evidências de transformação química vocês esperam observar em cada etapa do procedimento?
2. Levantem hipóteses sobre qual é o agente oxidante e qual é o agente redutor em cada amostra testada. Etapa I: maçã/ar; ferro/ar; ferro/maçã. Etapa II: zinco/maçã(limão)/cobre. Justifiquem suas escolhas, sabendo que a maçã (ou limão) apresenta em sua constituição substância de caráter ácido e, portanto, há íons $H^+(aq)$ no sistema, mas não íons $Cu^{2+}(aq)$ em quantidades apreciáveis.

Procedimento

Etapa I

1. Lixem dois pregos de ferro com a esponja de aço até que adquiram brilho metálico.
2. Lavem os pregos com água e detergente para eliminar eventuais traços de gordura aderidos à superfície, secando-os no final.
3. Deixem um dos pregos expostos ao ar em uma placa de Petri limpa e seca.
4. Finquem todo o corpo de outro prego em uma maçã inteira.
5. Escolham uma fatia de maçã com grande superfície de polpa exposta e coloquem-na em uma placa de Petri deixando-a exposta ao ar. É importante que a fruta seja cortada no momento da atividade.
6. Registrem o aspecto do prego e da fatia de maçã expostos ao ar e a hora em que o procedimento foi finalizado.
7. Deixem as amostras por dois dias em local protegido, para que ninguém mexa nelas, lembrando de identificá-las com o número do grupo, a data e o título da prática investigativa. Ao final desse período, a maçã na qual o prego foi fincado deve ser cortada para se observar o aspecto interno do sistema.
8. Comparem as amostras e registrem as evidências de transformação química observadas.

Etapa II

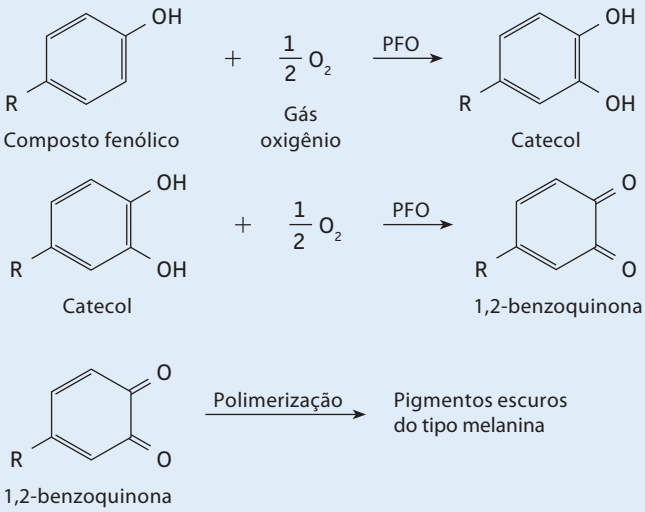
1. Lixem o prego galvanizado com a esponja de aço até que adquira brilho metálico.
2. Lavem o prego e o fio de cobre com água e detergente para eliminar eventuais traços de gordura aderidos à superfície.
3. Peguem a maçã (ou o limão, conforme designado pelo professor) em que tenha sido feito um pequeno corte nas extremidades, com um espaçamento entre eles de cerca de 2 cm, e insiram um pedaço de fio de cobre nesses cortes.
4. Usando conectores do tipo jacaré, conectem cada pedaço de fio de cobre a uma das extremidades do multímetro.
5. Meçam e registrem o valor da tensão elétrica.
6. Desconectem do multímetro um dos pedaços de fio de cobre e troquem-no por um prego.
7. Usando um conector do tipo jacaré, conectem o prego ao multímetro.
8. Meçam e registrem o valor da tensão elétrica.

Continua

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

Discuta com seus colegas

1. A seguir, é representada uma série de reações catalisadas pela enzima polifenoloxidase (PFO) presente na maçã e em outras frutas. Identifiquem o Nox das espécies químicas cujas fórmulas são indicadas.



A discussão sobre formas de representação de substâncias orgânicas pode ser encontrada na Unidade **Explorando o Universo e a vida**.

Nesse tipo de representação de compostos orgânicos, cada vértice do hexágono representa um átomo de carbono, e os átomos de hidrogênio ligados a eles não são representados. O grupo R indica um grupo orgânico qualquer.

2. Quais foram as voltagens medidas na etapa II?

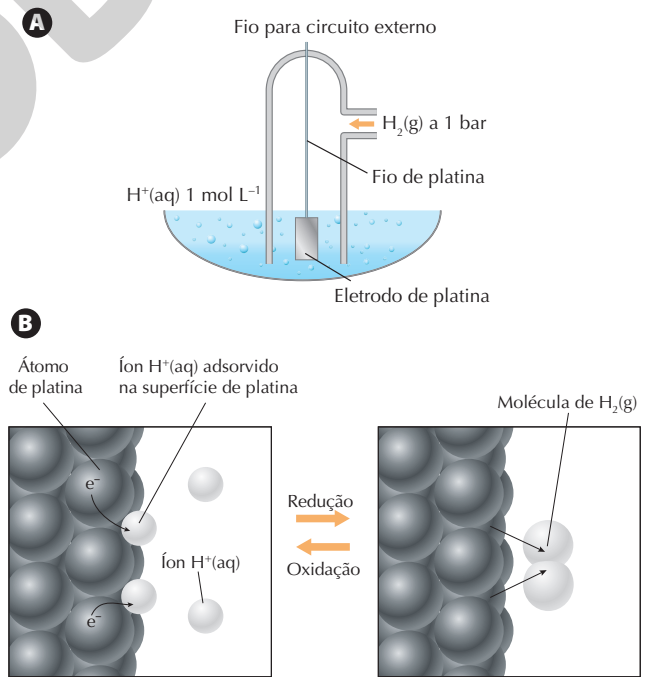
3. O que se espera observar se o prego galvanizado for trocado por uma placa de alumínio na etapa II?

4. Suas hipóteses iniciais sobre essa prática investigativa foram confirmadas? Reescreva-as a partir da discussão realizada. Destaque em suas considerações as condições que levam uma espécie a ser considerada o agente oxidante ou o agente redutor em uma determinada situação.

A afinidade de uma substância oxidada por elétrons pode ser avaliada por meio de seu **potencial de redução** (*E*), medido em volts (V). Como não é possível obter o valor dessa grandeza referente a cada substância isoladamente, e para facilitar a comparação entre elas, convencionou-se realizar essas medições tomando como referência o par redox H_2/H^+ em condições padronizadas, ao qual se atribuiu arbitrariamente o valor de 0 V.

Para determinar o potencial-padrão de redução de outras substâncias, em relação ao par H_2/H^+, utiliza-se o **eletrodo padrão de hidrogênio** (EPH). Esse eletrodo é constituído de um fio de platina conectado a uma lâmina do mesmo metal que serve como uma superfície inerte. Esse eletrodo é encapsulado em um tubo de vidro de tal forma que o gás hidrogênio possa ser borbulhado sobre a platina e em uma solução contendo íons $H^+(aq)$. Nesse sistema, a lâmina de platina pode tanto receber como doar elétrons ao meio externo à medida que as reações entre as moléculas de $H_2(g)$ e os íons $H^+(aq)$ ocorrem em sua superfície (**Fig. 5.4**).

As medições são realizadas em condições definidas, em que todos os reagentes e produtos em solução têm concentração de 1,0 mol L^{-1} e todos os gases estão a 1 bar de pressão. Sob tal condição, a diferença de potencial medida é denominada potencial-padrão ($E°$). Como a temperatura influencia essa medida, ela normalmente é tomada a 25 °C.



Fonte: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Figura 5.4 Em (**A**), tem-se a representação esquemática em corte de um eletrodo padrão de hidrogênio (EPH). Em (**B**), tem-se uma representação do que ocorre com o EPH em nível atômico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

EM MODERNA

Quando o EPH atua como ânodo, tem-se a seguinte semirreação:

$$H_2(g) \longrightarrow 2\,H^+(aq) + 2\,e^-$$

Quando o EPH atua como cátodo, tem-se a semirreação inversa:

$$2\,H^+(aq) + 2\,e^- \longrightarrow H_2(g)$$

Em sistemas biológicos, a condição padrão é diferente daquela empregada com o eletrodo padrão de hidrogênio: considera-se pH = 7 e não pH = 0, ou seja, concentração de íons H^+ igual a $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol L^{-1} e não 1,0 mol L^{-1} (a 25 °C e 1 atm). A diferença de potencial medida nesse caso é denominada **potencial-padrão bioquímico** ($E°'$).

Um fluxo espontâneo de elétrons na cadeia transportadora de elétrons ocorre pela transferência de elétrons de uma espécie química com menor potencial de redução para outra com maior potencial de redução, sucessivamente. A **Tabela 5.1** apresenta os potenciais-padrão bioquímicos de redução das espécies químicas participantes da cadeia de transporte de elétrons. Quanto menor o potencial de redução, maior a tendência da espécie em ser oxidada.

A espontaneidade das reações de oxirredução pode ser prevista utilizando a equação a seguir, em que os potenciais-padrão de redução se referem às semirreações de redução e de oxidação analisadas.

$\Delta E°' = E°'$(processo de redução) $- E°'$(processo de oxidação)

Tabela 5.1 Potenciais-padrão bioquímicos de redução

Semirreação de redução	$E°'$ (V)
$NAD^+ + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows NADH + H^+$	−0,315
$FAD + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows FADH_2$	−0,219
Fumarato $+ 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows$ Succinato	+0,031
$UQ + 2\,H^+(aq) + 2\,e^- \rightleftarrows UQH_2$	+0,045
Citocromo b (Fe^{3+}) $+ e^- \rightleftarrows$ Citocromo b (Fe^{2+})	+0,077
Citocromo c (Fe^{3+}) $+ e^- \rightleftarrows$ Citocromo c (Fe^{2+})	+0,235
Citocromo a (Fe^{3+}) $+ e^- \rightleftarrows$ Citocromo a (Fe^{2+})	+0,290
$\frac{1}{2}\,O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- \rightleftarrows H_2O$	+0,815

O citocromo b é uma das proteínas que compõem o complexo III, e o citocromo a, o complexo IV.

Fonte consultada: VOET, D.; VOET, J. G. *Biochemistry*. 4th, Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

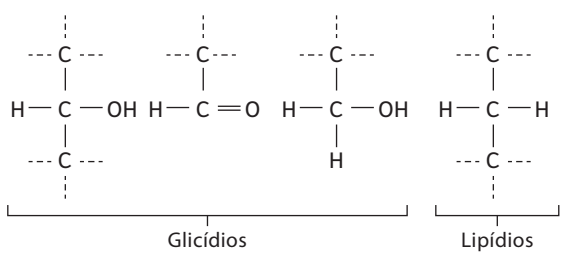
Pela equação, observa-se que valores de $\Delta E°'$ (ou $\Delta E°$) positivos indicam processos de oxirredução espontâneos, e valores de $\Delta E°'$ (ou $\Delta E°$) negativos indicam processos de oxirredução não espontâneos. Assim, a sequência específica dos complexos na membrana mitocondrial interna (**Tab. 5.1**) é crucial para a ocorrência das reações de oxirredução sucessivas que permitem aproveitar a energia potencial química disponível nas coenzimas reduzidas NADH e $FADH_2$ – formadas a partir da degradação dos nutrientes (glicídios, lipídios e proteínas) obtidos na alimentação.

Atividades

Registre em seu caderno

Sempre que considerar necessário, consulte a tabela de potenciais-padrão de redução (E°) ao final deste Volume.

1. Glicídios e proteínas têm valor energético de 3 kcal g^{-1} a 4 kcal g^{-1}, enquanto em relação aos lipídios esse valor é cerca de três vezes maior. Esses resultados experimentais podem ser explicados pelos estados de oxidação dos átomos de carbono que compõem as moléculas. Sabendo que, quanto mais reduzida a substância, mais energia é liberada no rompimento de suas ligações químicas, justifique as diferenças de valor energético entre glicídios e lipídios com base nos números de oxidação do átomo de carbono central nos fragmentos de moléculas típicos dessas classes de substâncias representados a seguir.



2. A identificação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em uma solução aquosa pode ser feita por reação de oxirredução. A adição de uma solução aquosa ácida (H^+) contendo íons permanganato (MnO_4^-) indica a presença de H_2O_2 pela mudança de violeta para incolor. Sabendo que nessa transformação há formação de $Mn^{2+}(aq)$, $H_2O(l)$ e liberação de $O_2(g)$, faça o que se pede.

a) Indique qual espécie química atua como agente oxidante e qual atua como agente redutor. Justifique indicando as variações de Nox.

b) Forneça a equação química balanceada que representa essa reação.

3 Um estudante, ao fazer o balanceamento da equação química representada a seguir, propôs os coeficientes estequiométricos 1, 5 e 8 para os reagentes. Você concorda com esse estudante? Justifique sua resposta com base na quantidade de elétrons cedidos pela espécie que é oxidada e recebidos pela espécie que é reduzida.

$$KMnO_4(aq) + FeCl_2(aq) + HCl(aq) \longrightarrow$$
$$\longrightarrow MnCl_2(aq) + FeCl_3(aq) + KCl(aq) + H_2O(l)$$

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

4. Os valores dos potenciais-padrão de redução a 25 °C de dois metais, X e Y, são apresentados a seguir, em módulo:

$X^+(aq) + e^- \rightleftharpoons X(s)$ $\quad |E°| = 0{,}22\ V$

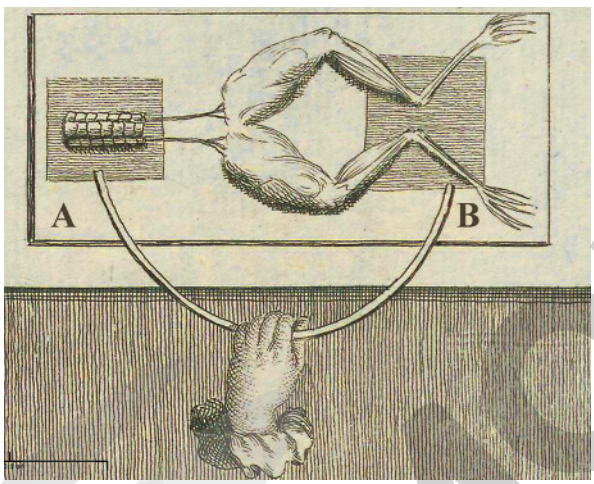
$Y^{2+}(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons Y(s)$ $\quad |E°| = 0{,}62\ V$

Quando esses dois metais são ligados por um fio condutor, os elétrons fluem, pelo circuito externo, da semicélula que contém o eletrodo X para a semicélula que contém o eletrodo Y. Quando o eletrodo X é ligado ao eletrodo padrão de hidrogênio (EPH), os elétrons fluem de X para o EPH.

a) Quais são os sinais dos valores de $E°$ para cada uma das semirreações de redução?

b) Qual é o potencial-padrão de redução da pilha construída com os eletrodos X e Y?

5. A imagem a seguir é uma reprodução do experimento do médico italiano Luigi Galvani (1737-1798) publicada em 1792. Placas de metais diferentes (A e B), em contato com as pernas de uma rã e conectadas por um fio condutor, provocavam contrações nos músculos do animal em razão da passagem de corrente elétrica.



ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

A primeira lei de Ohm afirma que corrente e tensão elétrica são grandezas diretamente proporcionais. Com base nisso, determine com qual dos pares de eletrodos a seguir seria possível conseguir, em tese, maior intensidade na contração das pernas do animal.

a) Ni/Cu **c)** Al/Cu **e)** Zn/Cu

b) Fe/Cu **d)** Sn/Cu

6. Imagine que a escala de potenciais de redução tivesse como padrão o par Ag^+/Ag, e não H^+/H_2, como é feito atualmente. Qual seria o valor do potencial-padrão de redução do par H^+/H_2 nessa nova escala?

7. (Unesp) O ciclo do enxofre é fundamental para os solos dos manguezais. Na fase anaeróbica, bactérias reduzem o sulfato para produzir o gás sulfeto de hidrogênio. Os processos que ocorrem são os seguintes:

$SO_4^{2-}(aq) \xrightarrow{\text{ação bacteriana}} S^{2-}(aq)$

$S^{2-}(aq) \xrightarrow{\text{meio ácido}} H_2S(g)$

(Gilda Schmidt. Manguezal de Cananeia, 1989. Adaptado.)

Na produção de sulfeto de hidrogênio por esses processos nos manguezais, o número de oxidação do elemento enxofre

a) diminui 8 unidades.

b) mantém-se o mesmo.

c) aumenta 4 unidades.

d) aumenta 8 unidades.

e) diminui 4 unidades.

8. Nos sistemas aquáticos, uma diversidade de reações de oxirredução tem grande importância para a manutenção da vida. Entre os gases dissolvidos na água, o O_2 é um dos mais importantes. Normalmente, o gás oxigênio dissolvido (OD) é proveniente da atmosfera e do processo de fotossíntese. No entanto, há muitos fatores que contribuem para sua diminuição, entre eles a respiração celular e a decomposição da matéria orgânica (MO) presente nesses ecossistemas. A maior parte da MO tem origem biológica (plantas mortas e restos de animais), e sua composição apresenta essencialmente os elementos químicos C, H, O, N, P e S. A oxidação da MO tem como produtos principais a água e o dióxido de carbono.

A ilustração a seguir representa um lago e as espécies químicas inorgânicas nele presentes, de acordo com as condições do meio.

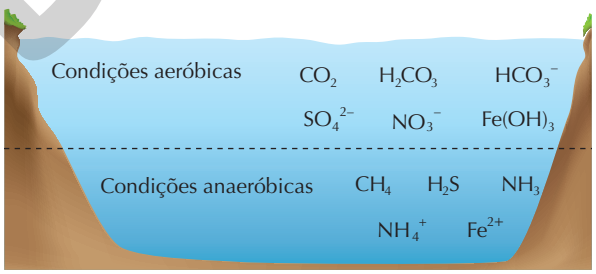


ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte consultada: BAIRD, C. *Environmental chemistry*. Nova York: W. H. Freeman and Company, 1995.

a) Explique por que o aumento da MO diminui o valor de OD e qual é a consequência da diminuição de OD para os organismos aeróbicos.

b) Em quais condições (aeróbicas ou anaeróbicas) estão presentes as espécies de carbono, nitrogênio, enxofre e ferro mais oxidadas, ou seja, com maior número de oxidação? Proponha uma explicação para sua resposta.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MANUAL DO PROFESSOR

TEMA 6

Metabolismo energético

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13MAT101

Os organismos dependem de transformações de energia para sobreviver. O conjunto das atividades metabólicas da célula relacionadas com essas transformações é o **metabolismo energético**, representado principalmente pela fotossíntese oxígena, pela respiração celular aeróbia e pela fermentação.

A fonte primária e mais importante de energia para os seres vivos é o Sol. Sua luz é captada principalmente pelo pigmento verde clorofila, presente nas cianobactérias (procariontes) e nos cloroplastos dos eucariontes fotossintetizantes, como as plantas.

Os seres fotossintetizantes são chamados **autótrofos** (do grego *auto* = próprio; *trofos* = nutrição), pois produzem a própria matéria orgânica usando substâncias inorgânicas simples e alguma fonte de energia; no caso, o Sol.

Na fotossíntese, a energia luminosa é transformada em energia química, que fica armazenada nas ligações das moléculas orgânicas. Nos seres autótrofos, essa energia armazenada é fundamental para a manutenção da vida deles e também da dos demais seres vivos, que são **heterótrofos** (do grego *hetero* = diferente; *trofos* = nutrição). Estes, ao contrário dos autótrofos, obtêm a matéria orgânica e a energia de que necessitam por meio da alimentação, ou seja, a partir de outros organismos. É o caso dos animais, dos fungos, de muitos eucariontes unicelulares (como as amebas) e de muitos procariontes.

O principal processo celular de quebra das moléculas orgânicas é a respiração celular aeróbia, que depende do gás oxigênio e é realizada tanto por autótrofos quanto por heterótrofos, sejam eles procariontes ou eucariontes. Nestes, a respiração ocorre nas mitocôndrias.

A fermentação é outro processo de quebra de moléculas orgânicas com liberação de energia, mas está restrita a certas espécies heterótrofas de procariontes e de eucariontes. Ela ocorre no citosol, sem a participação do gás oxigênio.

Neste momento, não será abordado o processo de quimiossíntese, outro processo autótrofo.

Embora não seja abordada nesta obra, existe a fotossíntese anoxígena, realizada por bactérias sulfurosas púrpuras, que usam compostos com enxofre, como o sulfeto de hidrogênio (H_2S), como doadores de elétrons no lugar de H_2O, com liberação de enxofre elementar (S) no lugar de gás oxigênio. Esse tipo de fotossíntese é realizado por bactérias que têm bacterioclorofila, um tipo de clorofila diferente da encontrada em plantas, algas e cianobactérias.
A respiração anaeróbia, que também não será abordada nesta obra, é um processo em que o aceptor final de elétrons na cadeia respiratória não é o gás oxigênio, mas outras substâncias, como nitrato e sulfato. E é realizado, por exemplo, por bactérias anaeróbias, como as que atuam nos ciclos do nitrogênio e do enxofre. A respiração anaeróbia não é sinônimo de fermentação.

Fique por dentro

Fermentação
O vídeo aborda os processos de fermentação e sua importância para a produção de vários alimentos presentes no cotidiano.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AvZJki41XMY>.
Acesso em: 26 jun. 2020.

:: Fotossíntese oxígena

Na fotossíntese oxígena, a energia da luz é absorvida pelo pigmento verde clorofila, e utilizada na síntese de glicídios a partir de gás carbônio e água. A equação geral desse processo é:

$$3\ CO_2 + 6\ H_2O \xrightarrow{\text{Luz e clorofila}} C_3H_6O_3 + 3\ O_2 + 3\ H_2O$$

O produto imediato da fotossíntese é um monossacarídeo de três átomos de carbono (triose) que, em seguida, dá origem a outros glicídios, como a glicose ($C_6H_{12}O_6$), a sacarose e o amido, além de outras moléculas orgânicas. É comum, nas equações gerais da fotossíntese, se colocar a glicose como produto.

Um resumo dos destinos dos átomos dos reagentes envolvidos na fotossíntese está esquematizado na **figura 6.1**.

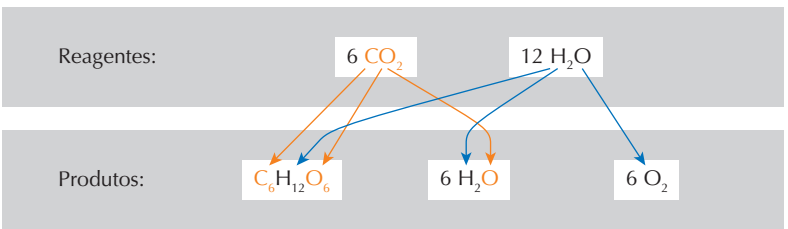


Figura 6.1 Representação esquemática do destino dos átomos presentes no gás carbônico e na água empregados como reagentes na fotossíntese, e os produtos resultantes no processo: o glicídio, a água e o gás oxigênio.

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Como se pode notar, o carbono é fixado em moléculas de glicídio, e o átomo de oxigênio da água dá origem ao gás oxigênio que é liberado na atmosfera.

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

MODERNA

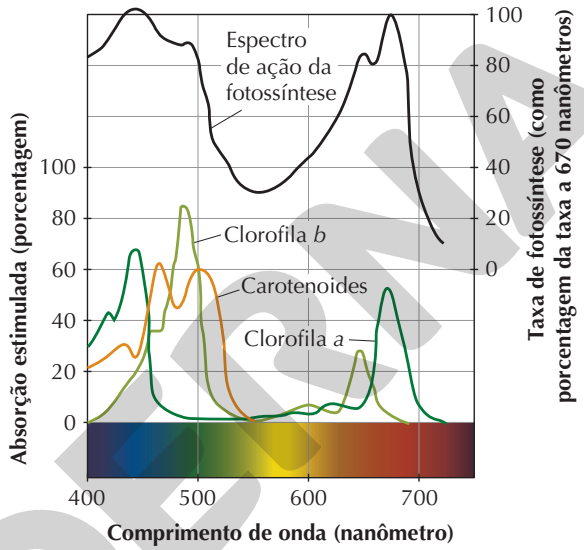
Luz e pigmentos

A luz é detectada no corpo dos seres vivos por meio de pigmentos, cada um deles capaz de absorver determinados comprimentos de onda. Na retina do olho humano, por exemplo, os pigmentos conseguem absorver apenas os comprimentos de onda dentro do intervalo de 380 nanômetros a 750 nanômetros (nm). Por isso, esse intervalo é chamado de **espectro eletromagnético da luz visível** ou luz branca. Dentro desse espectro, há em ordem crescente de comprimentos de onda, os correspondentes à luz violeta, anil, azul, verde, amarela, laranja e vermelha. Cada pigmento absorve determinados comprimentos de onda e reflete os demais. A cor dos pigmentos depende dos comprimentos de onda refletidos. Portanto, para cada pigmento há um **espectro de absorção de luz** típico.

Na fotossíntese, os principais pigmentos responsáveis por captar a luz são as clorofilas, pigmentos verdes que podem ser de vários tipos; a **clorofila *a*** ocorre em todos os seres fotossintetizantes oxígenos. Nas plantas, há também a **clorofila *b*** e o pigmento de cor alaranjada, o **caroteno**. No caso da clorofila *a*, a absorção de energia da luz ocorre de modo mais eficiente nos comprimentos de onda da luz violeta-azul e da luz vermelha. A clorofila *b* tem maior taxa de absorção na luz azul e também na vermelha. Já os carotenoides têm maior taxa de absorção nos comprimentos da luz azul e da verde.

A importância de cada pigmento na fotossíntese pode ser estimada estudando-se as taxas de realização da fotossíntese, medidas pela quantidade de gás oxigênio liberado, ao se expor as plantas a cada intervalo de comprimento de onda. Com isso, obtém-se o gráfico do **espectro de ação da luz** na fotossíntese (**Fig. 6.2**).

Figura 6.2 Espectro de ação da luz na fotossíntese associado ao espectro de absorção da luz pelos pigmentos fotossintetizantes clorofila *a*, clorofila *b* e caroteno



Fonte: RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Pela análise do gráfico, pode-se notar que a fotossíntese é mais intensa nos comprimentos de onda do violeta-azul e também do vermelho, que correspondem, em especial, ao espectro de absorção da clorofila *a*. Esse é o pigmento fundamental da fotossíntese, sendo a clorofila *b* e os carotenos considerados pigmentos acessórios, ampliando o espectro de absorção e transferindo a energia para a clorofila *a*.

Carotenos e clorofilas *a* e *b* estão reunidos em **fotossistemas** nas membranas dos tilacoides dos cloroplastos. Cada fotossistema tem dois componentes: o **complexo-antena** e o **centro de reação**. No complexo-antena estão as clorofilas e os carotenos que captam a energia e a transferem para o centro de reação, em que há um par especial de clorofilas *a* associado a proteínas. É esse par que é capaz de utilizar a energia da luz na fotossíntese (**Fig. 6.3**).

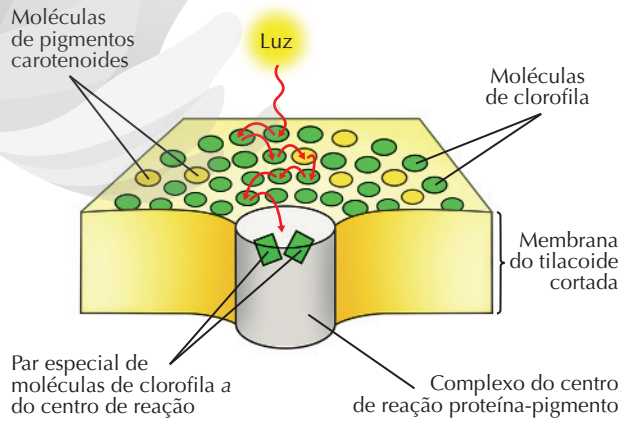


Figura 6.3 Representação esquemática da parte de um fotossistema com o complexo-antena e o centro de reação presentes na membrana do tilacoides. (Imagem sem escalas; cores-fantasia.)

Fonte: RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

ILUSTRAÇÃO: LUCA NAVARRO

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

MODERNA

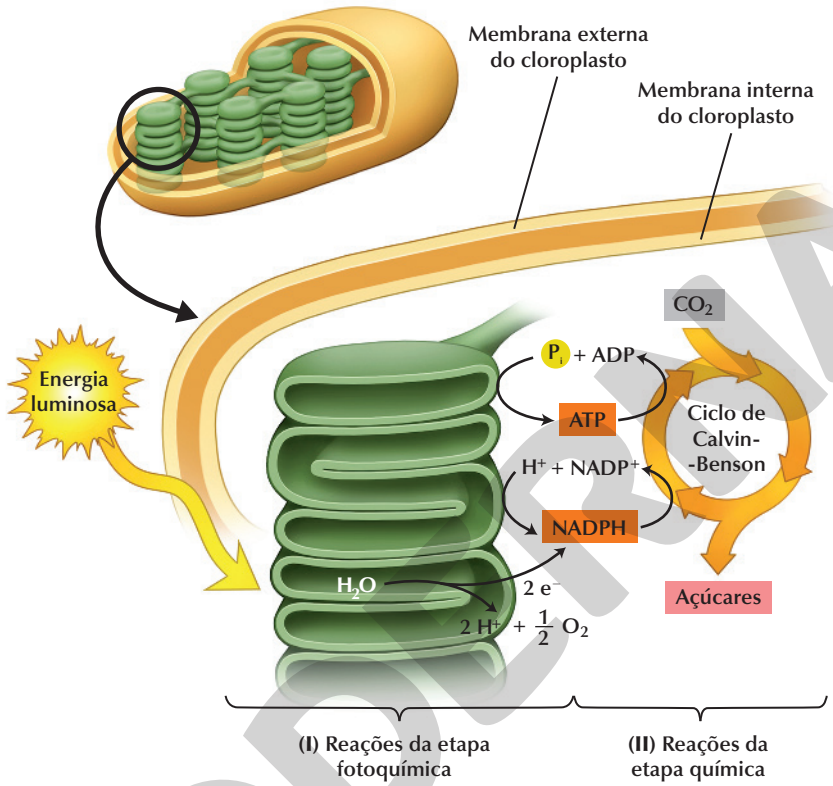
As etapas da fotossíntese

As diversas reações químicas que ocorrem na fotossíntese têm sido agrupadas em duas etapas interligadas: a **etapa fotoquímica**, ou dependente da luz, que ocorre nos tilacoides, e a **etapa química**, ou fixadora de carbono, que ocorre no estroma do cloroplasto sem a participação direta da luz, em um processo chamado **ciclo de Calvin-Benson** (**Fig. 6.4**).

(I) Na etapa fotoquímica, que se dá nos tilacoides dos cloroplastos, a energia luminosa é empregada na quebra da molécula de água, formando gás oxigênio, prótons (H^+) e elétrons (e^-). Além disso, há produção de trifosfato de adenosina (ATP) e de difosfato de nicotinamida e adenina (NADPH). O ATP é a principal fonte de energia nas células, e o NADPH é um transportador de átomos de hidrogênio. Quando cede o átomo de hidrogênio, o NADPH libera energia.

(II) Na etapa química, que se dá no estroma dos cloroplastos, ocorre a fixação do átomo de carbono presente no gás carbônico (CO_2), formando glicídios. Nesse processo, usa-se a energia do ATP e do NADPH formados na etapa fotoquímica.

ILUSTRAÇÃO: LUCA NAVARRO



Fonte: RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Figura 6.4 Representação esquemática das etapas da fotossíntese. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Etapa fotoquímica

Na etapa fotoquímica, dois fotossistemas atuam, o I e o II. Eles diferem quanto ao pico ótimo de absorção da luz das clorofilas *a* do centro de reação: no fotossistema I, o pico ocorre em 700 nm e, no fotossistema II, o pico ocorre em 680 nm. Por isso fala-se, respectivamente, em clorofilas P_{700} e P_{680} (**Fig. 6.5**).

O fotossistema I pode atuar de modo independente do fotossistema II em um processo chamado **fotofosforilação cíclica**, ou pode atuar em conjunto com o fotossistema II em dois processos: **fotofosforilação acíclica** e **fotólise da água**.

Fotofosforilação significa adição de íons hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}), denominado a partir desse momento de fosfato inorgânico (Pi), em presença de luz. Nessa etapa, a substância que passa pela fotofosforilação é o ADP, formando ATP.

A fotólise é um processo de quebra em presença de luz, e a molécula que passa pela quebra nesse caso é a água. A fotólise da água gera prótons (H^+) e gás oxigênio, com liberação de elétrons nesse processo.

$$2\,H_2O \longrightarrow 4\,e^- + 4\,H^+ + O_2$$

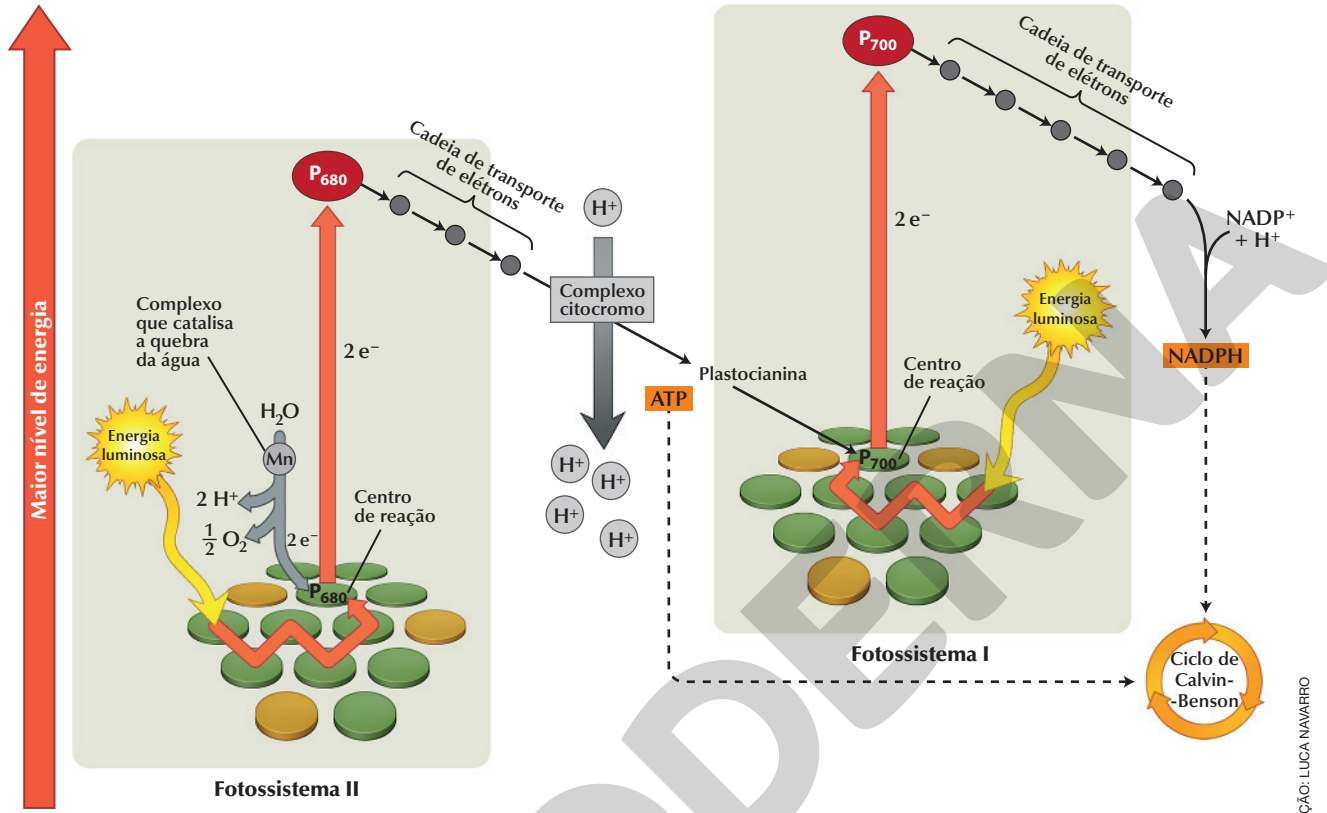
Na fotofosforilação cíclica, quando clorofilas P_{700} do fotossistema I são excitadas pela energia da luz, alguns elétrons saem das moléculas e passam para uma molécula receptora primária. Em seguida, os elétrons são transferidos ao longo de uma cadeia de transporte formada por proteínas que ficam imersas de modo organizado na membrana do tilacoide, liberando energia que é empregada na síntese de ATP. Os elétrons retornam ao seu nível energético anterior à excitação luminosa e passam para as moléculas de clorofila do próprio fotossistema I, repondo os elétrons perdidos. O nome fotofosforilação cíclica se deve ao fato de os elétrons retornarem às moléculas de clorofila do mesmo fotossistema do qual saíram. O ATP formado é utilizado no ciclo de Calvin-Benson.

Na fotofosforilação acíclica, os elétrons que saem das clorofilas de um dos fotossistemas não retornam para o mesmo fotossistema, por isso o nome acíclico. A luz promove a excitação das clorofilas P_{680} do fotossistema II e P_{700} do fotossistema I, que liberam elétrons, ficando oxidadas. Os elétrons do fotosistema II são repostos pelos elétrons liberados na fotólise da água. Os elétrons que saem do fotossistema II são recebidos inicialmente por um receptor primário e, depois, passam por uma cadeia transportadora de elétrons até chegarem às clorofilas P_{700} do fotossistema I, repondo os elétrons perdidos pela excitação da luz.

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

No trajeto entre esses dois fotossistemas, a energia liberada é usada no processo de síntese de ATP. No fotossistema I, os elétrons excitados pela luz saem das moléculas de clorofila e, depois de serem transportados, são transferidos para o $NADP^+$, que, com os prótons (H^+) do meio, forma NADPH (**Fig. 6.5**).

Enquanto na fotofosforilação cíclica o único produto é o ATP, na acíclica formam-se ATP e NADPH, que são usados no ciclo de Calvin-Benson.



Fonte: RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Figura 6.5 Representação esquemática da fotólise da água e da fotofosforilação acíclica. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: LUCA NAVARRO

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

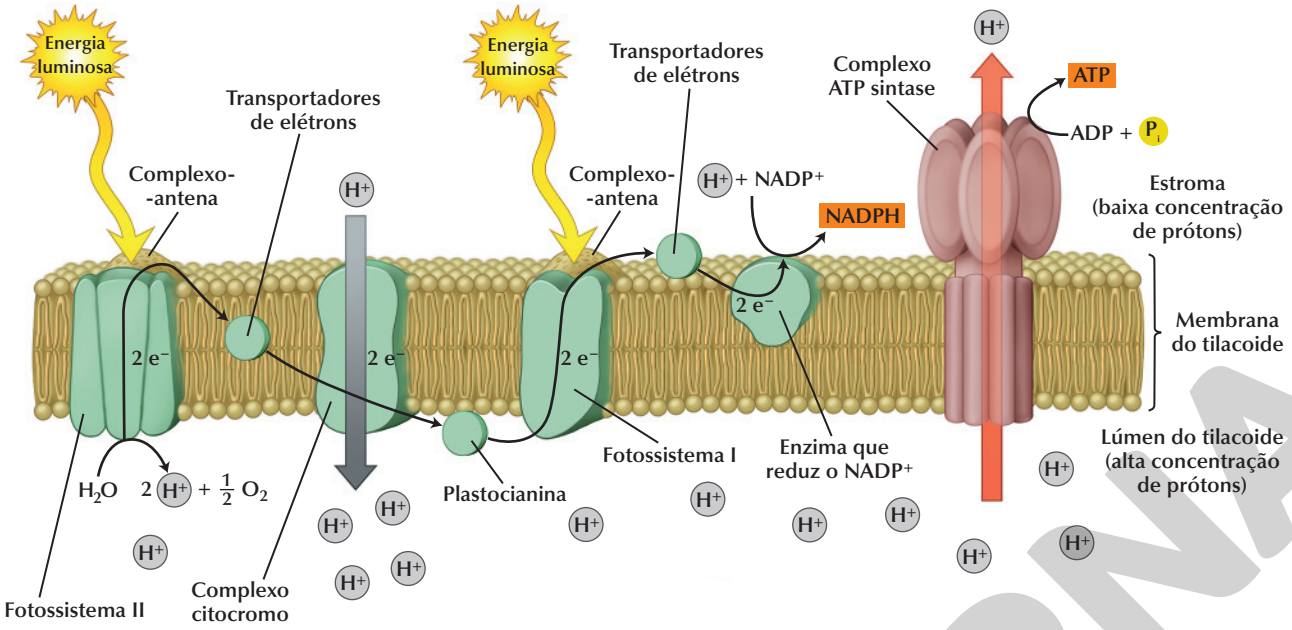
MODERNA

O processo de acoplamento quimiosmótico: transporte de elétrons e a ATP sintase

A camada lipoproteica das membranas celulares é impermeável a íons. Assim, só há transporte deles por meio de moléculas proteicas da membrana.

Em cada passo do processo de transporte de elétrons excitados ao longo da cadeia de transporte nas membranas do tilacoide há liberação de energia. Essa energia é empregada no bombeamento de prótons (H^+), presentes no estroma do cloroplasto, para dentro do espaço intermembranas. O bombeamento é feito principalmente pelo **complexo citocromo** e promove aumento da concentração de prótons (H^+) no espaço intermembranas dos tilacoides, gerando uma diferença de concentração nos dois lados da membrana. Isso faz com que a energia fique armazenada (energia potencial química ou potencial eletroquímico), podendo vir a ser transformada em trabalho. De acordo com o princípio geral da difusão, há uma tendência dos solutos de passarem do local onde estão mais concentrados para o local onde estão menos concentrados, igualando suas concentrações. Sendo a bicamada fosfolipídica das membranas celulares impermeável a íons, eles não conseguem passar através dela. Há, no entanto, nessas membranas dos tilacoides, um complexo enzimático chamado **ATP sintase**, composto por uma região que atravessa a membrana, onde há um canal hidrofílico, e outra que se projeta para o estroma e cujas partes podem girar. Por meio do canal hidrofílico, os íons H^+ passam e retornam para o estroma a favor de seu gradiente de concentração. O movimento dos prótons faz com que o complexo ATP sintase gire. A energia liberada no processo é usada na síntese de ATP a partir de ADP e P_i. A energia potencial química é, assim, transformada em energia mecânica (giro da ATP sintase), que é transformada em energia química (síntese do ATP).

Esse mecanismo de formação de ATP acoplado ao bombeamento de prótons (H^+) e à difusão deles a favor de seu gradiente de concentração através da ATP sintase é chamado de **acoplamento quimiosmótico** (**Fig. 6.6**). Ele ocorre também no processo de formação de ATP na respiração, como veremos a seguir.



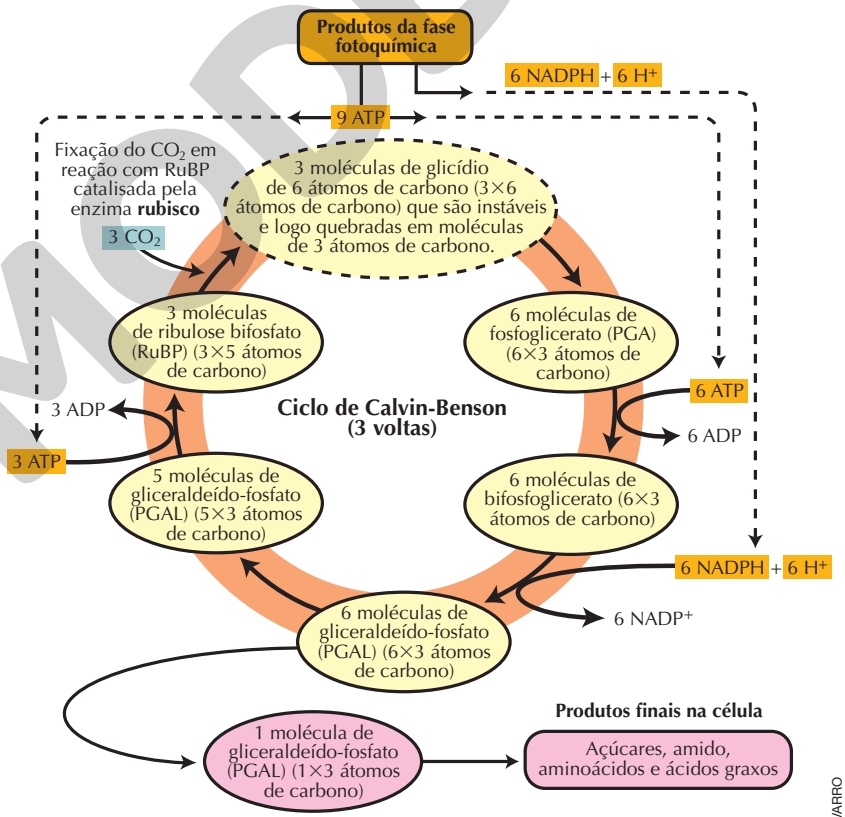
Fonte: RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Figura 6.6 Representação esquemática da membrana do tilacoide, mostrando o acoplamento quimiosmótico na fotofosforilação: cadeia transportadora de elétrons acoplada com a síntese de ATP. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Etapa química

A etapa química ocorre no estroma do cloroplasto e envolve a fixação do átomo de carbono presente no CO_2 por meio das reações do **ciclo das pentoses** (moléculas de glicídio com cinco átomos de carbono) ou **ciclo de Calvin-Benson** (**Fig. 6.7**), elucidado na década de 1940 por Melvin Calvin (1911-1997) e Andrew Benson (1917-2015).

A fixação do átomo de carbono do CO_2 no ciclo de Calvin-Benson ocorre pela união desse gás a um composto de cinco átomos de carbono, a **ribulose bifosfato** (**RuBP**), presente no estroma do cloroplasto. Essa reação é catalisada pela ação da enzima **rubisco** (RuBisCO – abreviação de ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase), resultando em moléculas instáveis de seis átomos de carbono. Elas são imediatamente hidrolisadas e formam moléculas de três átomos de carbono: o **fosfoglicerato** (**PGA**). Em razão da formação da substância de três átomos de carbono, este ciclo é também chamado **ciclo C_3**, e as plantas que o realizam são chamadas **plantas C_3**. Em seguida, com o fornecimento de energia de ATP e de H^+ pelo NADPH, forma-se o gliceraldeído-3-fosfato (PGAL). Algumas dessas moléculas são usadas na recomposição de RuBP; outras na síntese de glicose e outros glicídios, aminoácidos e ácidos graxos.



Fonte: RAVEN, P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Figura 6.7 Representação esquemática do ciclo de Calvin-Benson. As quantidades das moléculas referem-se a três voltas no ciclo.

ILUSTRAÇÕES: LUCA NAVARRO

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

MODERNA

Fermentação

A **fermentação** ocorre no citosol e é um processo de liberação de energia a partir da quebra de moléculas de glicose sem a participação do gás oxigênio.

Na fermentação, inicialmente a molécula de glicose (6 átomos de carbono) é quebrada em duas moléculas de piruvato (3 átomos de carbono), em um processo denominado **glicólise** (do grego, *glico* = glicídio; *lise* = quebra). Para ocorrer, esse processo precisa de energia, que é fornecida pelo ATP. Para cada molécula de glicose, são necessários 2 ATP para ativar a glicólise. Uma vez ativada, ocorrem várias reações químicas até chegar ao piruvato, havendo no processo a liberação de 4 ATP e duas moléculas de NADH + H^+. O dinucleotídeo de nicotinamida e adenina ou NAD (do inglês, *nicotinamide adenine dinucleotide*) é um transportador de átomos de hidrogênio, assim como o NADP empregado na fotossíntese. Sua forma oxidada é NAD^+, e a reduzida, ao receber átomos de hidrogênio, é NADH.

Na glicólise, apesar de serem formadas quatro moléculas de ATP, duas são necessárias no processo de ativação inicial da glicólise. Sendo assim, o saldo final desse processo é de duas moléculas de ATP. (**Fig. 6.8**).

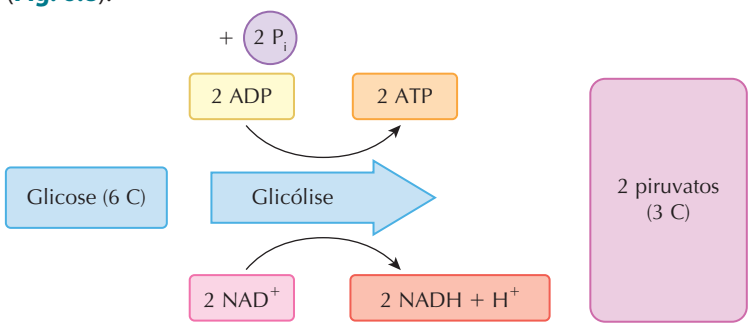


Figura 6.8 Representação esquemática simplificada da formação de piruvato na glicólise, indicando apenas os saldos de ATP e de NADH + H^+.

O piruvato formado na glicólise é um composto-chave para o metabolismo celular, pois pode ser usado tanto na fermentação quanto na respiração celular. O principal fator que determina a via pela qual o piruvato seguirá é o gás oxigênio. Na presença desse gás, o piruvato é degradado no processo de respiração aeróbia. Na ausência de gás oxigênio, é degradado nos processos de fermentação.

Há basicamente dois tipos de fermentação: a **alcoólica** (**Fig. 6.9**), em que há formação de álcool etílico e gás carbônico, e a **lática** (**Fig. 6.10**), em que há formação de ácido lático, mas não há formação de CO_2. Veja as equações gerais e os esquemas a seguir.

Equação geral da fermentação alcoólica:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i \longrightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2 + 2\ ATP$$

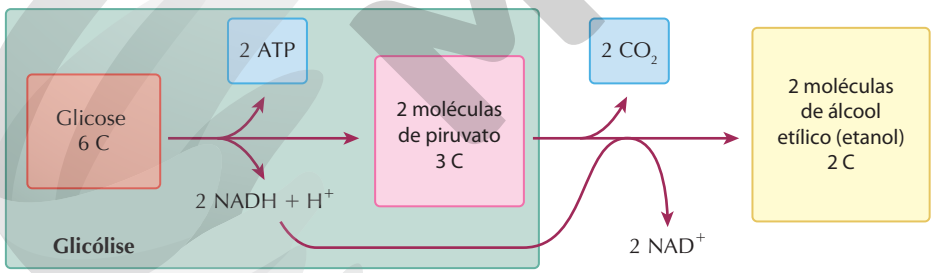


Figura 6.9 Representação esquemática simplificada da fermentação alcoólica.

Equação geral da fermentação lática:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ P_i \longrightarrow 2\ C_3H_6O_3 + 2\ ATP$$

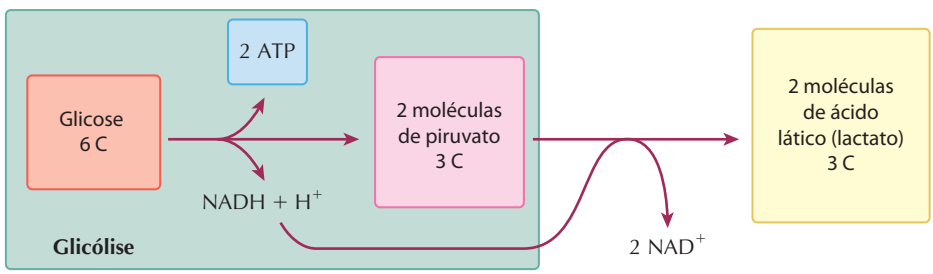


Figura 6.10 Representação esquemática simplificada da fermentação lática.

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

A fermentação alcoólica ocorre principalmente em bactérias e leveduras. Entre as leveduras, que são fungos unicelulares microscópicos, a espécie *Saccharomyces cerevisiae* é usada para a produção de bebidas alcoólicas e de pão. Ela transforma glicídios da uva e da cevada em etanol presente no vinho e na cerveja, respectivamente. Na produção de pão, o CO_2 produzido fica armazenado em pequenas câmaras no interior da massa, fazendo-a crescer. Ao assar a massa, as paredes dessas câmaras se enrijecem, mantendo sua estrutura alveolar.

A fermentação lática é realizada principalmente por algumas bactérias. A indústria alimentícia aplica a atividade de fermentação lática das bactérias na produção de vários alimentos, como queijos, coalhadas e iogurtes.

Esse tipo de fermentação ocorre também em células do tecido muscular esquelético humano, quando o exercício físico é muito intenso. Nessa condição, o teor de gás oxigênio do sangue passa a ser insuficiente para a produção de energia por respiraçao aeróbia, e as células desviam o metabolismo para a fermentação lática.

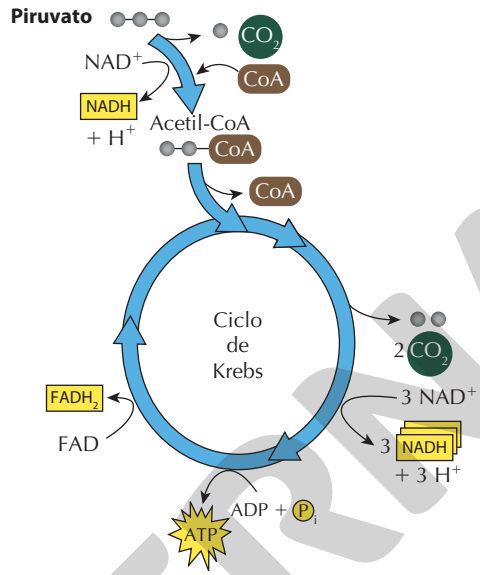
Respiração celular aeróbia

A respiração celular aeróbia é o principal processo de liberação da energia armazenada na matéria orgânica. Considerando a glicose como ponto de partida para estudo, a equação geral da respiração é:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{energia}$$

A partir da glicose, ocorre a glicólise, já explicada no processo de fermentação. Nos eucariontes, todas as demais etapas vão ocorrer no interior da mitocôndria, como mostra a **figura 6.11**.

O piruvato formado na glicólise é transportado para o interior da mitocôndria e, na matriz mitocondrial, reage imediatamente com a **coenzima A** (**CoA**), produzindo uma molécula de acetilcoenzima A (**acetil-CoA**) e uma molécula de CO_2. Nessa reação, também participa uma molécula de NAD^+, que é reduzida a NADH ao capturar dois elétrons e um íon H^+. O acetil-CoA é mobilizado na fase seguinte: o ciclo de Krebs ou ciclo do ácido cítrico (**Fig. 6.12**).



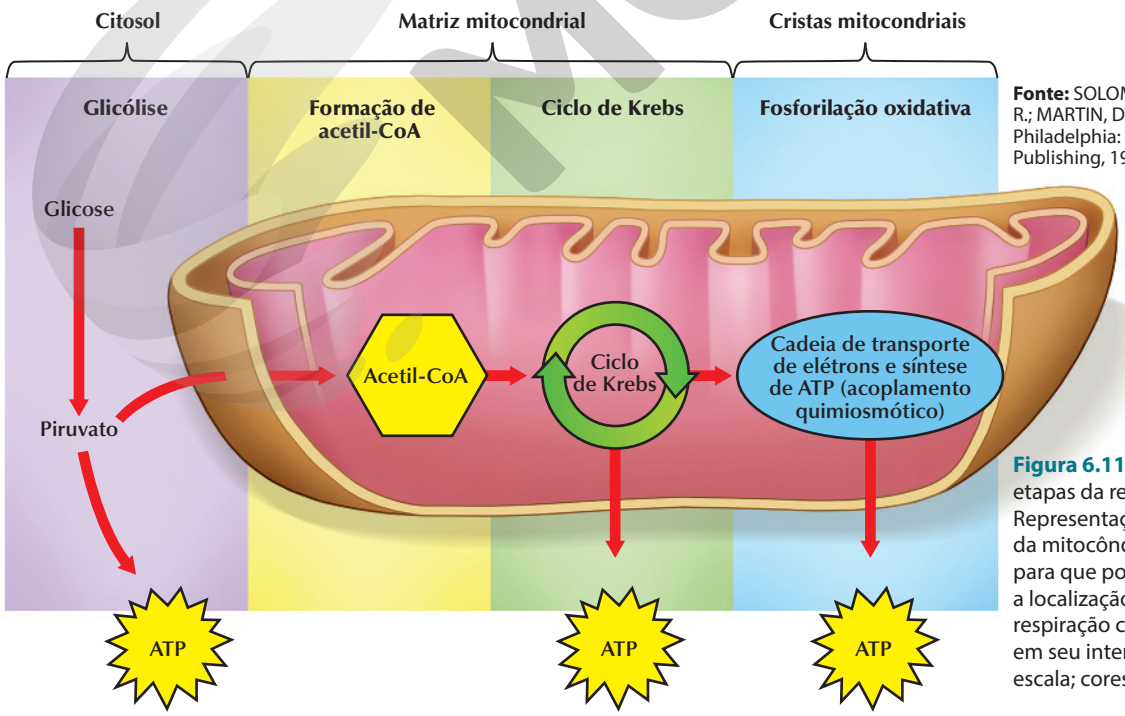
ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Figura 6.12 Representação esquemática simplificada da formação do acetil-CoA e do ciclo de Krebs. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No ciclo de Krebs, há formação de CO_2, NADH + H^+, ATP e $FADH_2$. O dinucleotídeo de flavina e adenina ou FAD (do inglês *flavine adenine dinucleotide*) é outro transportador de átomo de hidrogênio, cuja forma oxidada é FAD e a reduzida é $FADH_2$.

Todo o gás carbônico liberado na respiração provém da formação de acetil-CoA e do ciclo de Krebs.



LUCA NAVARRO

Fonte: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. *Biology*. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Figura 6.11 Visão geral das etapas da respiração aeróbia. Representação esquemática da mitocôndria vista em corte para que possa ser mostrada a localização das etapas da respiração celular que ocorrem em seu interior. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

A partir de uma molécula de glicose, forma-se na glicólise um saldo de 2 ATP. No ciclo de Krebs, também são formados 2 ATP, totalizando 4 ATP. A produção dessas moléculas ocorre por um mecanismo chamado **fosforilação em nível do substrato**, em que há transferência direta de fosfato inorgânico (P_i), de um substrato para o ADP, processo mediado por enzima. É um processo diferente da fosforilação oxidativa, última etapa do processo de respiração, quando a maior parte do ATP é produzida.

Durante a fosforilação oxidativa, que ocorre nas cristas mitocondriais, há a quimiosmose, de modo semelhante ao descrito para a fotossíntese. Como vimos, a quimiosmose acopla a cadeia de transporte de elétrons com a síntese de ATP que ocorre no complexo enzimático ATP sintase. Na respiração celular, a energia potencial química armazenada no NADH e no $FADH_2$ (provenientes da glicólise e do ciclo de Krebs) é liberada gradativamente pela passagem dos elétrons pelos complexos proteicos da cadeia de transporte de elétrons. Essa energia liberada é usada por esses complexos proteicos para bombear prótons (H^+) da matriz mitocondrial para o espaço intermembranas. Esses prótons acumulados no espaço intermembranas retornam para a matriz pela ATP sintase, liberando energia para a produção de ATP.

O gás oxigênio participa apenas dessa etapa final, combinando-se com prótons (H^+) e formando água. Sem o gás oxigênio, as etapas do ciclo de Krebs e da cadeia de transporte de elétrons não ocorrem. A glicólise, em contrapartida, não depende do O_2 para ocorrer. Sem o O_2, alguns seres vivos e mesmo células do tecido muscular esquelético humano continuam a realizar glicólise e desviam o metabolismo para a fermentação.

Rendimento da respiração

Tradicionalmente, considera-se que o rendimento total da respiração celular a partir de uma molécula de glicose seja de 36 ATP, sendo 4 ATP produzidos na glicólise e no ciclo de Krebs e outros 32 ATP, na fosforilação oxidativa. Esse número, entretanto, vem sendo revisto. Dados experimentais têm demonstrado que, na fosforilação, o rendimento é menor que 32 ATP. Estima-se que gire em torno de 26 ATP, que, somados aos 4 ATP da glicólise e do ciclo de Krebs, resultaria em um saldo de 30 ATP para cada molécula de glicose degradada.

De qualquer modo, a maioria dos ATP produzidos na respiração aeróbia deriva dos processos que ocorrem na matriz mitocondrial: a fosforilação oxidativa.

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Fuvest-SP) A cana-de-açúcar é importante matéria-prima para a produção de etanol. A energia contida na molécula de etanol e liberada na sua combustão foi:

a) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, armazenada na molécula de glicose produzida por fungos no processo de fermentação e, posteriormente, transferida para a molécula de etanol.

b) obtida por meio do processo de fermentação realizado pela cana-de-açúcar e, posteriormente, incorporada à molécula de etanol na cadeia respiratória de fungos.

c) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, por meio do processo de fotossíntese, e armazenada na molécula de clorofila, que foi fermentada por fungos.

d) obtida na forma de ATP no processo de respiração celular da cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.

e) captada da luz solar por meio do processo de fotossíntese realizado pela cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.

2. O gorgulho, *Callosobruchus maculatus*, é um inseto que se alimenta de grãos de feijão. Alguns agricultores guardam suas safras em botijões hermeticamente fechados como forma de preservá-las. Com isso, interrompem o ciclo de vida do inseto por impossibilitar esse animal de realizar a respiração celular.

Indique a alternativa que explica quais fases da respiração celular do inseto são interrompidas com esse procedimento e em que parte das células elas ocorrem.

a) Glicólise e formação de acetil-CoA; ocorrem no citosol.

b) Glicólise e ciclo de Krebs; a glicólise ocorre no citosol e o ciclo de Krebs, na matriz mitocondrial.

c) Formação de acetil-CoA e ciclo de Krebs; a formação de acetil-CoA ocorre no citosol e o ciclo de Krebs, nas cristas mitocondriais.

d) Cadeia respiratória e ciclo de Krebs; a cadeia respiratória ocorre nas cristas mitocondriais e o ciclo de Krebs, na matriz mitocondrial.

e) Ciclo de Krebs e cadeia respiratória; o ciclo de Krebs ocorre no citosol e a cadeia respiratória, na matriz mitocondrial.

3. (Enem) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

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

MODERNA

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que:

a) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.

b) os carboidratos convertem energia solar em energia química.

c) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.

d) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.

e) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

4. Segundo laudos de necropsias, todas as mortes ocorridas na boate Kiss, em Santa Maria (RS), durante o incêndio do dia 27 de janeiro de 2013, foram causadas por asfixia provocada pela inalação, entre outros gases, de ácido cianeto e monóxido de carbono.

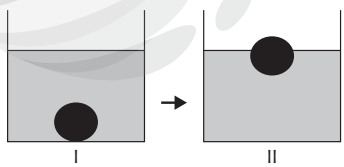
O monóxido de carbono tem grande afinidade com a hemoglobina, pigmento vermelho das hemácias que transporta o gás oxigênio para todas as células do corpo. A afinidade do monóxido de carbono com a hemoglobina é cerca de 200 a 250 vezes maior do que a do gás oxigênio.

Já o cianeto se liga a um dos citocromos da cadeia de transporte de elétrons, bloqueando-a. Com base nessas informações e no que foi discutido no Tema, responda às questões.

a) Qual é a relação da atuação do monóxido de carbono e do cianeto com a produção de energia (ATP) pelo corpo?

b) Qual é a relação entre a produção de ATP e a asfixia?

5. (Enem) No processo de fabricação de pão, os padeiros, após prepararem a massa utilizando fermento biológico, separam uma porção de massa em forma de "bola" e a mergulham num recipiente com água, aguardando que ela suba, como pode ser observado, respectivamente, em I e II do esquema abaixo. Quando isso acontece, a massa está pronta para ir ao forno.



Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira:

"A massa torna-se menos densa que o líquido e sobe". A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação:

$$\underset{\text{Glicose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow 2\ \underset{\substack{\text{álcool}\\\text{comum}}}{C_2H_5OH} + 2\ \underset{\substack{\text{gás}\\\text{carbônico}}}{CO_2} + \text{energia}$$

Considere as afirmações a seguir:

I. A fermentação dos carboidratos da massa do pão ocorre de maneira espontânea e não depende de qualquer organismo vivo.

II. Durante a fermentação, ocorre produção de gás carbônico, que vai se acumulando em cavidades no interior da massa, o que faz a bola subir.

III. A fermentação transforma a glicose em álcool. Como o álcool tem maior densidade do que a água, a bola de massa sobe.

Dentre as afirmativas, apenas:

a) I está correta.

b) II está correta.

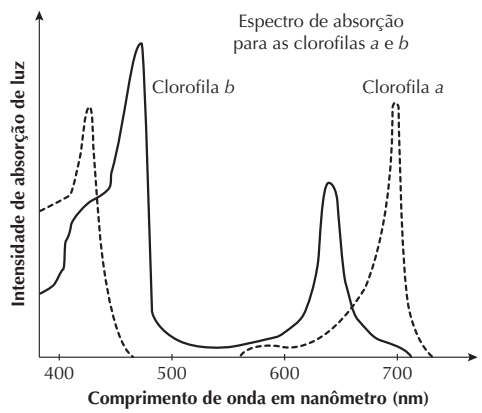
c) I e II estão corretas.

d) II e III estão corretas.

e) III está correta.

6. (Fuvest-SP) A tabela traz os comprimentos de onda no espectro de radiação eletromagnética, na faixa de luz visível, associados ao espectro de cores mais frequentemente percebidas pelos olhos humanos. O gráfico representa a intensidade de absorção de luz pelas clorofilas *a* e *b*, os tipos mais frequentes nos vegetais terrestres.

Comprimento de onda (nm)	Cor
380-450	Violeta
450-490	Azul
490-520	Ciano
520-570	Verde
570-590	Amarelo
590-620	Alaranjado
620-740	Vermelho



Fonte dos dados: NEUHAUS, G. *et al. Tratado de Botânica de Estrasburger*. 36. ed., Porto Alegre: Artmed, 2012.

Responda às questões a seguir, com base nas informações fornecidas na tabela e no gráfico.

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

a) Em um experimento, dois vasos com plantas de crescimento rápido e da mesma espécie foram submetidos às seguintes condições:
Vaso 1: exposição à luz solar;
Vaso 2: exposição à luz verde.
A temperatura e a disponibilidade hídrica foram as mesmas para os dois vasos. Depois de algumas semanas, verificou-se que o crescimento das plantas diferiu entre os vasos. Qual a razão dessa diferença?

b) Por que as pessoas, com visão normal para cores, enxergam como verdes as folhas da maioria das plantas?

7. Um cientista, ao organizar seu laboratório, retirou sem querer o rótulo de três frascos transparentes contendo, cada um, uma solução com uma bactéria específica. A fim de identificar a espécie de bactéria de cada frasco por meio da identificação do tipo de metabolismo, o cientista colocou em cada recipiente certa quantidade de glicose e deixou os três frascos expostos à luz, com as tampas fechadas. Após algumas horas, ele obteve os seguintes dados:

Concentração final relativa de cada substância encontrada nos três frascos, além de outras substâncias produzidas pelo metabolismo das bactérias.

	Frasco contendo as bactérias A	Frasco contendo as bactérias B	Frasco contendo as bactérias C
Concentração final de glicose	Menor que a concentração inicial	Menor que a concentração inicial	Maior que a concentração inicial
Concentração final de gás oxigênio	Menor que a concentração inicial	Menor que a concentração inicial	Maior que a concentração inicial
Concentração final de gás carbônico	Maior que a concentração inicial	Maior que a concentração inicial	Menor que a concentração inicial
Outras substâncias produzidas	—	Etanol	—

Os resultados obtidos indicam que as bactérias **A**, **B** e **C** realizaram, respectivamente:

a) fotossíntese oxígena, fermentação alcoólica e respiração aeróbia.

b) respiração aeróbia, fermentação lática e fotossíntese oxígena.

c) respiração aeróbia, fermentação alcoólica e fotossíntese oxígena.

d) respiração aeróbia, fermentação lática e fotossíntese anoxígena.

e) fermentação aeróbia, respiração lática e fotossíntese anoxígena.

8. (Enem) Considere a situação em que foram realizados dois experimentos, designados de experimentos A e B, com dois tipos celulares, denominados células 1 e 2. No experimento A, as células 1 e 2 foram colocadas em uma solução aquosa contendo cloreto de sódio (NaCl,) e glicose ($C_6H_{12}O_6$), com baixa concentração de oxigênio. No experimento B foi fornecida às células 1 e 2 a mesma solução, porém com alta concentração de oxigênio, semelhante à atmosférica. Ao final do experimento, mediu-se a concentração de glicose na solução extracelular em cada uma das quatro situações. Este experimento está representado no quadro a seguir. Foi observado no experimento A que a concentração de glicose na solução que banhava as células 1 era maior do que a da solução contendo as células 2 e esta era menor do que a concentração inicial. No experimento B, foi observado que a concentração de glicose na solução das células 1 era igual à das células 2 e esta era idêntica à observada no experimento A, para as células 2, ao final do experimento.

Experimento A		**Experimento B**	
Células 1	**Células 2**	**Células 1**	**Células 2**
NaCl, e glicose		NaCl, e glicose	
Baixa concentração de oxigênio		Alta concentração de oxigênio	

Pela interpretação do experimento descrito, pode-se observar que o metabolismo das células estudadas está relacionado às condições empregadas no experimento, visto que as:

a) células 1 realizam metabolismo aeróbio.

b) células 1 são incapazes de consumir glicose.

c) células 2 consomem mais oxigênio do que as células 1.

d) células 2 têm maior demanda de energia do que as células 1.

e) células 1 e 2 obtiveram energia a partir de substratos diferentes.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODELO

Reflexões sobre a ciência

Para a classificação étnica, adotamos a mesma nomenclatura usada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) nas pesquisas de autodeclaração.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4
Habilidades: EM13CNT301; EM13CNT303; EM13MAT101; EM13MAT406; EM13MAT407

Qual é a melhor maneira de apresentar os dados obtidos em uma pesquisa?

Reflita sobre a questão acima e registre suas ideias iniciais sobre o assunto. Em seguida, leia o texto e responda às questões.

Todo trabalho envolvido em uma pesquisa científica, independentemente da área do conhecimento, começa com uma pergunta. Em seguida, formulam-se hipóteses e elaboram-se propostas sobre como resolver ou como entender o problema em questão.

Desde a identificação do problema até chegar às conclusões acerca dele, existem diversas etapas a serem cumpridas. As etapas iniciais são a coleta de dados e a análise das informações; somente após um criterioso estudo dessas informações é que os pesquisadores se aproximam das respostas para o problema inicial.

O estudo dos dados em uma pesquisa científica exige tempo, pois também é necessário organizá-los e classificá-los, permitindo interpretar e relacionar as informações para elaborar as conclusões a partir deles. Dependendo do tipo de informação obtida por meio dos dados, os pesquisadores podem adotar abordagens diferentes para interpretá-los. Analisemos alguns exemplos a seguir.

Se os dados trouxerem informações a respeito de quais são as características de determinado grupo de pessoas, em uma época ou em determinado lugar, teremos uma **abordagem qualitativa**. Em contrapartida, todas as vezes que os dados permitirem a organização das informações em valores numéricos, teremos uma **abordagem quantitativa**. Por exemplo, quais são as características étnicas dos seus colegas de escola? Para responder a essa pergunta, não é necessário quantificar, mas produzir uma lista com essas características. Essa mesma questão pode resultar em uma abordagem quantitativa se os dados forem analisados e organizados de modo que informem quantos são os estudantes com cada uma das características étnicas observadas. Em resumo, as observações qualitativas permitem chegar a conclusões a respeito de como, qual, quando ou onde determinada característica está presente; e as observações quantitativas buscam determinar em que extensão certa característica se manifesta.

A forma como os dados são organizados e apresentados ao final da pesquisa é importante nos trabalhos científicos. Quando os pesquisadores dispõem de uma quantidade suficiente de informações, esses dados são organizados e apresentados em listas, quadros, tabelas ou gráficos. As listas e os quadros são apropriados para apresentar dados qualitativos e as tabelas e os gráficos, para os dados quantitativos. Embora haja diferenças entre esses dois tipos de dados, eles têm o propósito de mostrar de forma clara e objetiva as informações.

A seguir, utilizaremos dados fictícios para exemplificar as formas de apresentar as características étnicas dos estudantes de uma escola. Se a proposta for apenas identificar essas características, uma **lista** é apropriada para atingir o objetivo. Caso a observação envolva outras variáveis, como o ano e a turma dos estudantes, um **quadro** será o meio mais apropriado para analisar e apresentar os dados. Nos quadros, a ênfase é dada às descrições das variáveis estudadas. Essas descrições são organizadas em linhas e colunas, como mostrado, a seguir, no **Quadro 1**.

Quadro 1 Relação das características étnicas dos estudantes de acordo com as turmas

Turma	Características étnicas dos estudantes
1º ano	Brancos, pretos, amarelos e pardos
2º ano	Brancos, amarelos, pardos, indígenas e pretos
3º ano	Brancos, pretos, pardos e amarelos

Fonte: Dados fictícios elaborados pelos autores.

Quando as variáveis são estudadas em termos quantitativos, os dados podem ser apresentados na forma de **tabelas** ou de **gráficos**, construções que facilitam a investigação de relações entre duas ou mais variáveis. A escolha entre uma ou outra forma pode ser feita com base na facilidade em analisar toda a informação. Nos exemplos a seguir, os mesmos conjuntos de dados estão expressos na **Tabela 1** e na **Figura 1**.

Tabela 1 Número de estudantes matriculados em uma escola entre 2015 e 2019

Ano	Quantidade de estudantes matriculados
2015	550
2016	523
2017	499
2018	550
2019	588

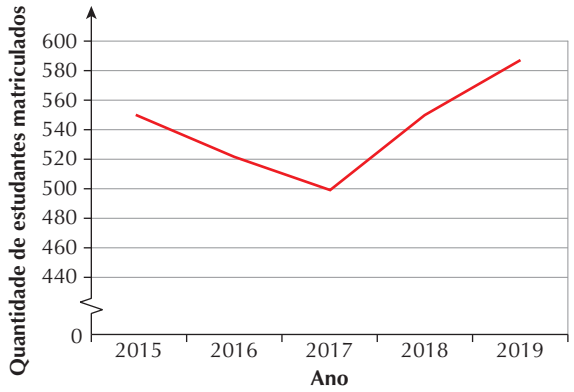
Fonte: Dados fictícios elaborados pelos autores.

Continua

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

EM ABERTO

Figura 1 Número de estudantes matriculados em uma escola entre 2015 e 2019



Fonte: Dados fictícios elaborados pelos autores.

Na maioria das vezes, para garantir uma melhor análise, é preferível que os dados sejam apresentados na forma de gráficos. Retomando nosso exemplo, ao analisar o gráfico da **figura 1**, notamos visualmente a diminuição no número de matrículas nos anos de 2016 e 2017 e o aumento delas nos anos seguintes.

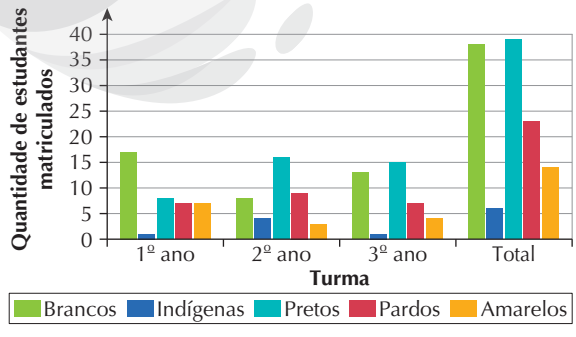
Existem diferentes tipos de gráfico, e cada um deles é mais adequado para representar um determinado conjunto de dados. Na **figura 1**, os dados são apresentados em um **gráfico de linha**, muito apropriado para representar a evolução de dados numéricos. Na **tabela 2**, estão os dados da quantidade de estudantes por características étnicas das turmas de uma escola. Na **figura 2**, os dados dispostos na **tabela 2** são apresentados em um **gráfico de barras**, possibilitando a comparação de diferentes variáveis e a identificação de padrões entre elas.

Tabela 2 Quantidade de estudantes matriculados nas turmas do Ensino Médio de uma escola por característica étnica

Turma	Brancos	Indígenas	Pretos	Pardos	Amarelos
1º ano	17	1	8	7	7
2º ano	8	4	16	9	3
3º ano	13	1	15	7	4
Total	38	6	39	23	14

Fonte: Dados fictícios elaborados pelos autores.

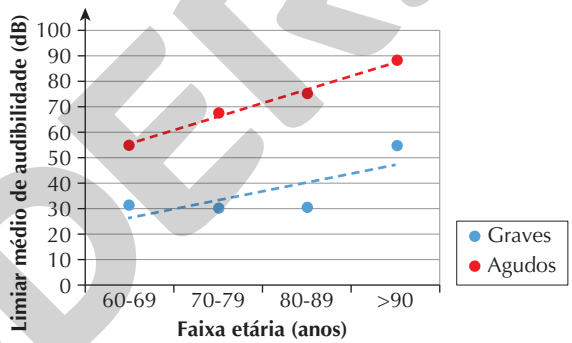
Figura 2 Quantidade de estudantes matriculados nas turmas do Ensino Médio de uma escola por característica étnica



Fonte: Dados fictícios elaborados pelos autores.

Quando o objetivo de um estudo científico é determinar se as variáveis estudadas estão associadas entre si, isto é, se existe alguma correlação entre elas, podemos analisar os dados por meio de um **gráfico de dispersão**. Em 2007, um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) estudou a perda de audição entre 211 pessoas com mais de 60 anos. A **figura 3** apresenta parte dos dados obtidos nesse estudo e indica o menor valor da intensidade sonora ainda audível (limiar de audibilidade), entre sons graves (250 Hz) e agudos (8.000 Hz), por faixa etária. Para efeitos de comparação, 30 decibéis (dB) é a intensidade sonora emitida por uma pessoa durante uma conversa em um lugar silencioso, já 90 dB é a intensidade sonora que a maioria dos fones de ouvido atinge no volume máximo e é comparável à de um caminhão.

Figura 3 Distribuição do limiar médio de audibilidade da orelha direita por faixa etária



Fonte: BARALDI, G. S.; ALMEIDA, L. C. A.; BORGES, A. C. C. Evolução da perda auditiva no decorrer do envelhecimento. *Rev. Bras. Otorrinolaringol*, São Paulo, v. 73, n. 1, p. 64-70, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rboto/v73n1/a10v73n1.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2020.

A análise dos dados da **figura 3** permite estabelecer uma relação entre a deterioração auditiva e a idade das pessoas. Trata-se, nesse caso, de uma associação direta ou positiva: com o passar dos anos (principalmente em relação a frequências mais altas, ou seja, sons mais agudos), houve uma tendência de as pessoas escutarem menos. No gráfico, essa relação está indicada pelas linhas tracejadas.

Agora que você já sabe um pouco mais sobre a organização e apresentação de dados nas Ciências, todas as vezes que elaborar um quadro, uma tabela ou um gráfico, não se esqueça de acrescentar um título conciso, que comunique de maneira clara o tipo de informação representada. Faça, também, a indicação da fonte e, se necessário, inclua notas ou observações que ajudem a compreender melhor os dados.

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Atividades

Registre em seu caderno

1. Analise a tabela a seguir e responda às questões.

Distribuição de formas de locomoção dos estudantes do 2º ano do Ensino Médio no trajeto até a escola

	Carro	Ônibus	Caminhada	*Van* escolar	Metrô	Bicicleta	Outros
2º ano A	6	5	4	3	9	7	1
2º ano B	3	7	5	4	5	9	2

a) Considerando os dados da tabela, que gráfico é o mais adequado para comparar a distribuição de formas de locomoção entre os estudantes do 2º ano do Ensino Médio?

b) Considerando os dados da tabela, que gráfico é o mais adequado para compreender a proporção de uso das diferentes formas de locomoção em cada uma das turmas de 2º ano do Ensino Médio?

c) Construa os gráficos propostos por você nos itens anteriores. Lembre-se de que cada tipo de gráfico tem suas especificidades. O gráfico de barras, por exemplo, deve ser feito a partir das médias dos dados e o de setores, a partir das proporções ou porcentagens.

2. Retome os seus registros anteriores à leitura do texto. Após a leitura do texto, quais foram suas conclusões sobre a melhor maneira de apresentar os dados obtidos em uma pesquisa? Construa um gráfico de dispersão usando informações da sua comunidade escolar. Você pode usar as variáveis prática de atividades físicas e massa corpórea ou outras que julgar relevantes. Apresente o gráfico para a turma, mostrando a importância da coleta de dados e ressaltando como eles podem ser usados para contribuir com soluções para a vida das pessoas.

Pensamento crítico e argumentação

Registre em seu caderno

Quanto de Ciência há nas terapias quânticas?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 7
Habilidades: EM13CNT305; EM13CHS103; EM13LGG303; EM13LP05

No campo da Ciência, argumentar diz respeito a um modo de raciocinar de maneira fundamentada. A argumentação científica embasa alegações sobre fatos com evidências que foram reunidas por meio de observação direta ou experimentação. Ela usa a lógica e a razão para justificar por que as evidências coletadas sustentam essas alegações.

Assim, o **argumento científico** pode ser estruturado em três componentes: a alegação, a evidência e o raciocínio. A **alegação** corresponde a uma afirmação que responde a uma pergunta ou a um problema. A **evidência** pode ser entendida como o dado sobre o mundo natural obtido por meio da observação direta e/ou da análise dos dados gerados experimentalmente. O **raciocínio** fornece uma justificativa para a alegação ou mostra como a evidência apoia a alegação. Em geral, o raciocínio inclui princípios ou conceitos científicos. Veja, a seguir, como a concepção de argumento científico pode ser representada.

Alegação		Evidência		Raciocínio
Afirmação ou resposta a uma questão.	**é suportada pela**	Observações que mostram tendências ou relações entre variáveis.	**e explicada pelo**	Como ou por que a evidência apoia a alegação.

Fonte: SAMPSON, V.; GROOMS, J.; WALKER, J. P. Argument – driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: an exploratory study. *Science Education*, v. 95, p. 217-257, 2011.

Continua

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

MODERNA

Argumentos científicos usam evidências e dados, e não crenças ou opiniões, para apoiar uma alegação. Evidências e dados podem ser reexaminados empiricamente, enquanto crenças e opiniões não podem. Além disso, para ser considerado consistente, um argumento científico precisa expor evidências com credibilidade e demonstrar como elas se relacionam com a alegação a ser defendida.

Nesta atividade, vamos explorar a maneira de construir e analisar um argumento científico. O objetivo é validar argumentos autointitulados científicos, tão comuns em nosso cotidiano. Para isso, usaremos o seguinte exemplo: o uso do termo "quântico" fora do contexto da Física.

1. O texto a seguir reúne dados de fontes que sustentam os benefícios do travesseiro quântico para a saúde. Leia-o e, com base no modelo de argumento científico apresentado, responda às questões.

> Na comunidade científica, sabe-se da aceitação da Terapia Quântica como eficiente aliada da chamada medicina alternativa. O novo travesseiro com terapia quântica traz os benefícios energéticos que equilibram tanto a pele do rosto quanto os órgãos da cabeça. Durante o sono, o corpo se recupera das atividades do dia e retorna ao seu equilíbrio energético. Com o travesseiro quântico, seu sono será mais reparador e você receberá os benefícios dessa terapia enquanto dorme. O uso de Terapia Quântica é altamente recomendável para, comprovadamente, melhorar sua qualidade de vida.

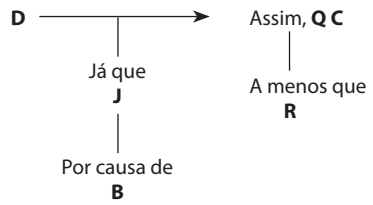
a) Qual é a alegação apresentada no trecho?

b) Quais são as evidências apresentadas no trecho?

c) Qual foi o seu critério para identificar as evidências no trecho?

d) Considerando os componentes estruturais do argumento científico, como você analisaria qualitativamente o argumento usado no trecho? Justifique sua resposta.

Podemos usar um modelo mais detalhado para analisar um argumento científico. Segundo o modelo desenvolvido pelo filósofo britânico Stephen Toulmin (1922-2009), os elementos fundamentais do argumento são o **dado** (**D**), a **conclusão** (**C**) e a **justificativa** (**J**). Um argumento pode ser considerado completo se, além dos elementos fundamentais, também tiver uma **refutação** (**R**) e o **conhecimento básico** (**B**), que são chamados de **qualificadores modais** (**Q**). De acordo com esse modelo, a estrutura básica do argumento é: "a partir de um dado (D), já que (J), então (C)".



Representação esquemática da concepção da estrutura de argumento elaborada por Stephen Toulmin.

Fonte: TOULMIN, S. E. *Os usos do argumento*. Tradução Reinaldo Guarany e Marcelo Brandão Cipolla. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

As refutações indicam quais são as condições para que uma justificativa não seja válida para suportar a conclusão. O conhecimento básico (científico ou jurídico, por exemplo) pode ser usado com a finalidade de dar suporte à justificativa. Esses elementos podem se combinar de diferentes maneiras, formando argumentos de complexidades diversas quanto à sua estrutura, por exemplo: C-D-J, C-D-J-R, C-D-J-B-Q etc.

Com esse novo modelo de argumento, vamos retomar a reflexão sobre a validade do uso do termo quântico fora do contexto da Física. Nas últimas décadas, simplificações deturpadas da Física Quântica passaram a influenciar outras áreas e são, em geral, utilizadas para dar credibilidade a um produto ou serviço. Atualmente, é comum depararmos com expressões como "*coaching* quântico", "dieta quântica", "colchão quântico" e "terapia quântica". Mas será que a associação desses produtos ou serviços com fenômenos que ocorrem no nível subatômico, como se eles fossem análogos a fenômenos macroscópicos, tem algum embasamento científico?

2. O excerto a seguir foi retirado da *Revista Pesquisa Fapesp*, uma importante revista brasileira de divulgação científica. Nele, é apresentada uma resposta possível para a pergunta: "Por que não podemos usar a Física Quântica em sistemas e fenômenos macroscópicos?". Leia-o e, usando o diagrama de Toulmin, identifique quais são os elementos do argumento que estão presentes nessa resposta.

> [...] A explicação mais aceita de por que não se observam propriedades quânticas em objetos macroscópicos foi apresentada pelo físico alemão Heiz-Dieter Zeh no início dos anos 1970. Ele teria observado que os sistemas macroscópicos que compõem o mundo clássico, regido pelas leis da física de Newton, jamais estão isolados do ambiente, com o qual interagem continuamente. Assim, esses sistemas não poderiam ser descritos pelas equações de Schroedinger [Erwin Schroedinger, físico austríaco], aplicáveis somente a sistemas fechados. A consequência dessa conclusão foi verificada tempos mais tarde por Wojciech Zurek, físico polonês do Los Alamos National Laboratory (LANL), nos Estados Unidos. Nessa interação, a informação do sistema quântico escapa para o ambiente

Continua

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

MODERNA

por meio de um fenômeno que Zurek chamou de decoerência. [...]

Fonte: ZORZETTO, R. Sobre gatos, fótons e mundos estranhos. *Revista Pesquisa Fapesp*, dez. 2012. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/sobre-gatos-fotons-e-mundos-estranhos/>. Acesso em: 2 jul. 2020.

3. Retome o texto da questão 1 e, usando o diagrama do modelo de Toulmin, identifique as partes do argumento que ele apresenta.
4. Comparando as discussões das questões 1 e 2, que correlação é possível estabelecer entre os dois modelos teóricos de argumento?

O uso do termo quântico fora do contexto da Física é um exemplo de como a falta de conhecimento científico muitas vezes nos deixa à mercê de anúncios publicitários de produtos e serviços. Como estratégia de *marketing*, complexos conceitos científicos, como as ideias de probabilidade e dualidade que fazem parte dos princípios da Física Quântica, muitas vezes são usados sem nenhuma sustentação científica.

5. Com base nas discussões e no que foi apresentado, responda à pergunta do início desta seção: "Quanto de Ciência há nas terapias quânticas?", argumentando em defesa de seu ponto de vista. Escolha um dos dois modelos de argumento e busque dados em fontes confiáveis para embasar sua resposta.

Valores e atitudes

Registre em seu caderno

As pesquisas desenvolvidas na área da energia solar estão se estendendo a novas aplicações. Um exemplo é o fogão solar, que, além de permitir economia de energia, traz recompensas sociais, econômicas e ambientais para diferentes setores da sociedade.

O fogão solar transforma radiação solar em calor, que aquece a água e cozinha ou assa os alimentos. Esse dispositivo pode beneficiar pessoas de baixa renda, além de contribuir para a diminuição do desmatamento destinado à produção de energia térmica.

Conheça, a seguir, três fogões do tipo concentrador construídos de diferentes formas.

O fogão solar de Queiroz tem o formato de uma parábola e foi construído com fibra de vidro e espelhos. Ele apresenta excelentes resultados quando comparado a outros fogões em razão de sua geometria.

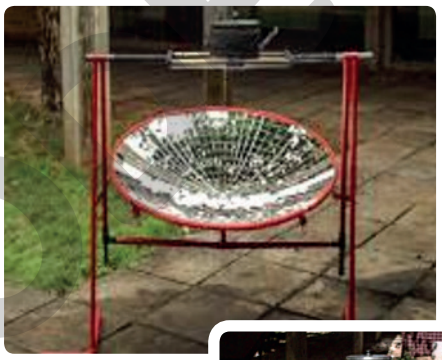
O fogão solar de Lion tem o formato de duas semiparábolas e foi construído a partir de um molde cerâmico com fibras de vidro e espelhos. Esse fogão é bifocal, ou seja, é possível realizar dois cozimentos ao mesmo tempo.

O fogão de Ramos tem o formato de duas parábolas elípticas e foi construído com materiais de sucata, como antena de TV e espelhos.

Mais informações sobre os fogões solares são encontradas nas páginas 41 a 43 da dissertação de mestrado de NETO, M. C. M. *Análise de desempenho de um fogão solar com parábola fabricada em material compósito*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15646>. Acesso em: 3 jul. 2020.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 7; 10
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT102; EM13CNT103; EM13CNT307; EM13CNT309; EM13MAT406; EM13CHS301



WILLIAM FERNANDES DE QUEIROZ/LABORATÓRIO DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS E ENERGIA SOLAR/UFRN

Fogão solar de Queiroz.

CARLOS ALBERTO PEREIRA DE QUEIROZ LION FILHO/LABORATÓRIO DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS E ENERGIA SOLAR/UFRN

Fogão solar de Lion.

RICARDO EUGÊNIO BARBOSA RAMOS FILHO/LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS FLUIDOS DO NÚCLEO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL - NTI/UFRN

Fogão solar de Ramos.

Continua

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

1. Faça um levantamento, em seu município, do custo de um fogão de uma boca (ou fogareiro), de um botijão de gás de 13 kg e de 12 recargas de gás para esse botijão, equivalentes a um ano de uso. Em seguida, analise os dados do quadro a seguir e compare com os que foram levantados por você.

Fogão solar de Queiroz	Fogão solar de Lion	Fogão solar de Ramos
Valores de irradiação média de 680 W/m^2	Valores de irradiação média de 600 W/m^2	Valores de irradiação média de 600 W/m^2
Área de captação de 1 m^2	Área de captação de 0,75 m^2	Área de captação de 0,28 m^2
Potência absorvida de 523,26 W	Potência absorvida de 346,27 W	Potência absorvida de 346,27 W
Fator de concentração de 158,73	Fator de concentração de 68,18	Fator de concentração de 36,25
Temperatura máxima de 856,25 °C	Temperatura máxima de 550 °C	Temperatura máxima de 740 °C
Custo: R$ 200,00	Custo: R$ 300,00	Custo: R$ 100,00

Fonte: NETO, M. C. M. *Análise de desempenho de um fogão solar com parábola fabricada em material compósito*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15646>. Acesso em: 2 jul. 2020.

- Em termos econômicos, qual equipamento apresenta o menor custo: o fogareiro ou o fogão solar?

2. O quadro a seguir apresenta dados de uma pesquisa sobre a eficiência de fogões solares no cozimento de diversos alimentos. Analise-o e faça o que se pede.

Quantidade (kg)	Tipo de alimento	Tempo de cozimento (min)			
		Fogão a gás	Fogão solar de Queiroz	Fogão solar de Lion	Fogão solar de Ramos
0,5	Batata-doce	26	30	38	50
0,5	Inhame	40	32	41	36
0,5	Mandioca	40	30	38	56
0,25	Macarrão	28	30	37	40
0,25	Arroz	30	30	40	44

Fonte: NETO, M. C. M. *Análise de desempenho de um fogão solar com parábola fabricada em material compósito*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15646>. Acesso em: 2 jul. 2020.

- Qual é o fogão mais eficiente? Você considera viável a utilização do fogão solar?

3. Como você poderia aproveitar a energia solar em seu dia a dia? Busque soluções que utilizem a energia solar para melhorar a qualidade de vida das pessoas da sua comunidade. Compartilhe os seus resultados com os colegas na forma de uma apresentação do tipo *pitch*, uma rápida apresentação de cerca de um minuto.

Revise e amplie!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com a Unidade foi finalizado, é o momento de autoavaliar seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, reflita sobre as questões abaixo.

- O que eu aprendi sobre a temática energia e vida?
- O que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?

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

MODERNA

UNIDADE 2

Desenvolvimento sustentável

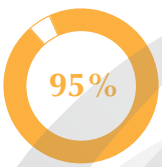
© PASCALE MARTHINE TAYOU/ AUTVIS, BRASIL, 2020. FOTO: FABRICE COFRINI/AFP - GALLERIA CONTINUA, SAN GIMIGNANO/PEQUIM/LES MOULINS/HABANA

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

Obra de arte do artista Pascale Marthine Tayou intitulada *Plastic tree*, durante a exposição Art Basel, que ocorreu em Basel (Suíça), em 2015. O artista camaronês Pascale Marthine Tayou é conhecido por trazer em suas obras questões sociopolíticas, retratando como as desigualdades afetam o ambiente. A obra de arte *Plastic tree* (Árvore de plástico) é uma forma de protesto a um dos maiores problemas ambientais do planeta: a poluição plástica. O plástico, material polimérico, surgiu há cerca de um século com a proposta de facilitar a vida das pessoas, reduzindo a massa dos produtos e, assim, o consumo de combustível no transporte, bem como de diminuir o desperdício por conservar os alimentos frescos por mais tempo. Ele cumpriu esse papel de tal maneira que hoje faz parte do nosso cotidiano, nas embalagens, na construção civil, no transporte e na saúde. O plástico está até onde os olhos não enxergam, como em produtos de higiene e cosméticos, nos quais, em geral, é empregado na forma de microesferas ou de fibras sintéticas. Com todas essas facilidades, é de se imaginar que a valorização desse material refletiu o aumento de sua produção e, alinhada ao consumo irresponsável e ao descarte incorreto, ele se transformou em um enorme problema ambiental. No ambiente, a ação da luz solar e dos sais presentes na água do mar, por exemplo, resseca esse material, o qual se fragmenta e passa a integrar a cadeia alimentar, ficando retido no organismo de animais filtradores. Animais maiores, como águas-vivas, tartarugas e aves, confundem-no com suas presas e ingerem partes de sacolas plásticas, canudos etc. Dos 400 milhões de toneladas de plástico produzidos no mundo, apenas 9% desse montante é encaminhado para reciclagem. Nesse cenário, ações para minimizar esse problema são fundamentais, como o estabelecimento de leis que limitam ou proíbem o uso de utensílios plásticos e o desenvolvimento e a produção de bioplásticos e plásticos verdes feitos de matérias-primas de fontes renováveis, as quais podem ser mais biodegradáveis em comparação ao petróleo. Medidas como as apresentadas não são suficientes individualmente; a mudança nos hábitos de consumo e a conscientização quanto ao uso e à forma de descarte do plástico são prementes. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), se nenhuma atitude for tomada, estima-se que em 2050 teremos mais plástico nos oceanos que peixes.

NELSON MATSUDA

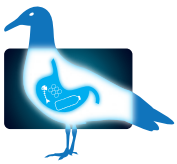
PLÁSTICO EM NÚMEROS



95% do plástico é desperdiçado após a primeira utilização por descarte inadequado

Equivalente ao despejo de 1 caminhão de lixo a cada minuto no mar

A China é o país que mais produz plástico no mundo; o Brasil está em 16º lugar



90% das aves marinhas têm plástico no estômago

Fonte consultada: WWF BRASIL. Plástico vale ouro. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/programa_marinho/plasticovaleouro/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

- Interprete os elementos presentes na obra *Plastic tree* e faça uma tradução da mensagem transmitida pelo artista Pascale Marthine Tayou, relacionando-a com a ilustração e o texto.

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

O consumo é necessário à nossa sobrevivência. Assim como a maioria dos seres que compartilham conosco a vida na Terra, precisamos extrair do ambiente recursos para nos mantermos vivos. Então, qual é o problema do consumo em si? O problema está na banalização do uso e no descarte incorreto dos resíduos gerados pelo consumo. No Tema 1, vamos conhecer como o consumo irresponsável está interferindo nos ecossistemas, causando impactos socioambientais irreparáveis que colocam em risco não só o ambiente, mas também a saúde e o bem-estar da população. Uma forma de atenuar esse problema é a prática do desenvolvimento sustentável. Pensando nisso, o Tema 2 apresenta alternativas para os problemas relacionados ao uso de combustíveis e polímeros. Ao avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente do uso de pilhas e baterias, o Tema 3 dá subsídios para um posicionamento crítico sobre o descarte inadequado desses produtos. O Tema 4 aborda os conceitos de movimentos periódicos, de características de ondas e como elas se propagam em diferentes materiais que estão disponíveis no lixo. Visando reduzir a quantidade dos resíduos que são descartados diariamente no ambiente, o Tema 5 trata das propriedades das ondas sonoras em instrumentos musicais produzidos com materiais recicláveis, o que promove a sustentabilidade.

As seções finais desta Unidade trazem contextos de Ciências da Natureza de forma integrada e aplicada a situações cotidianas, como a nossa relação com o consumo e o descarte, direto e indireto, dos resíduos gerados. Também abordam aspectos importantes relacionados à interpretação e à validação de textos e artigos, considerando os critérios estabelecidos pela comunidade científica que favorecem o posicionamento crítico e a lógica argumentativa para avaliar os problemas locais e globais e, assim, propor soluções criativas e sustentáveis que reduzam esses problemas.

Assim, os objetivos gerais desta Unidade são:

- Analisar os efeitos diretos e indiretos das atividades humanas no ambiente, propondo alternativas, como biocombustíveis e materiais biodegradáveis, que contribuam para o desenvolvimento sustentável.
- Conhecer as substâncias tóxicas presentes em pilhas e baterias comerciais, avaliando os riscos à saúde e ao ambiente, além de propor alternativas seguras e sustentáveis que proporcionem melhoria na qualidade de vida da população.
- Compreender os movimentos periódicos, as características das ondas e como elas se propagam, bem como entender as propriedades das ondas sonoras, aplicando esses conceitos na produção de sons com instrumentos musicais confeccionados com materiais reciclados e valorizando o desenvolvimento sustentável.

Por dentro da BNCC

O trabalho com esta Unidade favorece o desenvolvimento das competências e das habilidades da BNCC citadas a seguir.

Competências gerais: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10

Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 2; 3

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT103; EM13CNT104; EM13CNT105; EM13CNT106; EM13CNT107; EM13CNT203; EM13CNT205; EM13CNT206; EM13CNT207; EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT306; EM13CNT307; EM13CNT309

Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Competências específicas: 1; 3

Habilidades: EM13CHS106; EM13CHS301;EM13CHS302; EM13CHS304

Área de Matemática e suas Tecnologias

Competência específica: 1

Habilidade: EM13MAT101

Área de Linguagens e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 7

Habilidades: EM13LGG101; EM13LGG703; EM13LP12; EM13LP45

Pense nisso!

Registre em seu caderno

Tema 1. Com base em seus conhecimentos, trace um paralelo entre o consumismo e o desenvolvimento sustentável.

Tema 2. Quais impactos econômicos, sociais e ambientais foram decorrentes da utilização do plástico como um novo material no lugar dos vidros e dos metais?

Tema 3. O Prêmio Nobel de Química de 2019 foi atribuído a três cientistas que desenvolveram as baterias de íons lítio. Que avanços o desenvolvimento desse tipo de dispositivos proporcionou à sociedade?

Tema 4. Como os sons e as imagens são transmitidos e recebidos por rádios e televisores? De que forma essa tecnologia revolucionou a comunicação humana?

Tema 5. Cite exemplos de instrumentos musicais que podem ser feitos com materiais recicláveis e identifique quais variáveis influem no som produzido por esses instrumentos.

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

TEMA 1

Consumo e ambiente

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6; 10
Habilidades: EM13CNT103; EM13CNT104; EM13CNT105; EM13CNT203; EM13CNT206; EM13CNT306; EM13CNT309; EM13CHS106; EM13CHS304; EM13MAT101

O crescimento da população mundial, principalmente depois da Revolução Industrial, e o avanço da sociedade moderna proporcionaram um aumento do consumo de recursos naturais do planeta. O consumo e o consumismo inconsequentes têm ampliado as intervenções nos ecossistemas, causando impactos socioambientais irreparáveis, o que coloca em risco não só o ambiente, mas a saúde e o bem-estar da população.

Neste Tema, vamos entender como funciona a dinâmica do ambiente em equilíbrio, avaliando efeitos das intervenções humanas e os impactos socioambientais relacionados a elas. Além disso, serão apresentadas ações individuais e/ou coletivas para mitigar esses problemas de maneira segura e sustentável e que contribuam para a melhoria da vida da população.

Fique por dentro

Chernobyl: A história completa
O documentário narra a história completa de como o reator número quatro da Usina Nuclear de Chernobyl explodiu e se tornou o maior acidente nuclear que já existiu. Além disso, ele explica como ocorre a transformação da energia nuclear para energia elétrica.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DiGqjYkRQ6o>.

Césio 137 em Goiânia: a cronologia do maior desastre radiativo do Brasil
A reportagem explica como o Brasil, um ano depois do acidente em Chernobyl, se tornou palco do maior acidente radioativo ocorrido fora de usinas nucleares.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4xcZQ9ufxfk>.

Lixões e aterros sanitários
Entrevista com especialistas em resíduos sólidos sobre lixões e aterros sanitários.
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pSD7BS2tTtU>.
Acessos em: 13 jul. 2020.

Equilíbrio ambiental

Ecologia é a ciência que estuda os ecossistemas, que são entidades ecológicas nas quais interagem componentes vivos e não vivos, denominados, respectivamente, bióticos e abióticos. Nesses ecossistemas, cada ser vivo funciona como um sistema termodinâmico aberto, trocando energia e matéria com o ambiente que o cerca e obtendo, dessa forma, os recursos necessários para a reprodução e a manutenção da vida.

Em princípio, quando os componentes bióticos e abióticos de um ecossistema se apresentam estáveis ao longo do tempo, ocorre o **equilíbrio ambiental** ou **equilíbrio ecológico**, em que o consumo de recursos é compatível com sua disponibilidade ou renovação na natureza. Na prática, entretanto, ocorrem flutuações, naturais ou causadas por interferência humana, tanto das condições abióticas quanto da disponibilidade dos recursos. Os ecossistemas pantaneiros alagáveis são um bom exemplo, pois apresentam variações abióticas ao longo do ano que são acompanhadas pelas populações da comunidade. Essas variações, porém, são previsíveis de um ano para o outro, o que permite dizer que há um equilíbrio na escala de anos com flutuações em alguns meses. Esse tipo de equilíbrio, em que as populações se mantêm compatíveis com o ambiente mesmo na presença de modificações ao longo do tempo, é o que chamamos **equilíbrio dinâmico**.

A capacidade de um ecossistema voltar ao ponto de equilíbrio original após uma perturbação é chamada **resiliência**. Já a insensibilidade às perturbações é chamada **resistência**. Na alta resiliência, o sistema varia bastante, porém tende a voltar ao ponto original de equilíbrio, enquanto na alta resistência, apesar da variação ambiental, o sistema não se modifica substancialmente.

A ação do ser humano, como o desmatamento, altera as abundâncias de muitas espécies e afeta a comunidade biológica. No entanto, há um limite crítico que, uma vez superado, produz efeitos irreversíveis. Na Amazônia, por exemplo, estima-se que se isso acontecer as florestas passarão por um processo de savanização, sem que haja um retorno natural à condição florestal.

O balanço entre a oferta de recursos e a demanda por esses recursos gerada pela comunidade pode ser afetado por diversos fatores abióticos e bióticos. A seguir, discutiremos como as populações humanas e o desenvolvimento tecnológico – impactos antrópicos (do grego, *anthropos* = relativo ao ser humano), além dos fenômenos naturais, podem alterar os componentes dos ecossistemas, afetando o equilíbrio ambiental e a biodiversidade.

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

Alterações bióticas nos ecossistemas

Dentre as alterações bióticas que podem provocar desequilíbrio em um ecossistema, destacam-se a **introdução de espécies** e a **eliminação** ou **extinção de uma ou mais espécies**. Dessa maneira, os desequilíbrios podem ser evidenciados por alterações da **biodiversidade**, mais exatamente da diversidade de espécies, principalmente quando em sua medida é considerado o número de espécies presentes e quantos indivíduos cada uma apresenta.

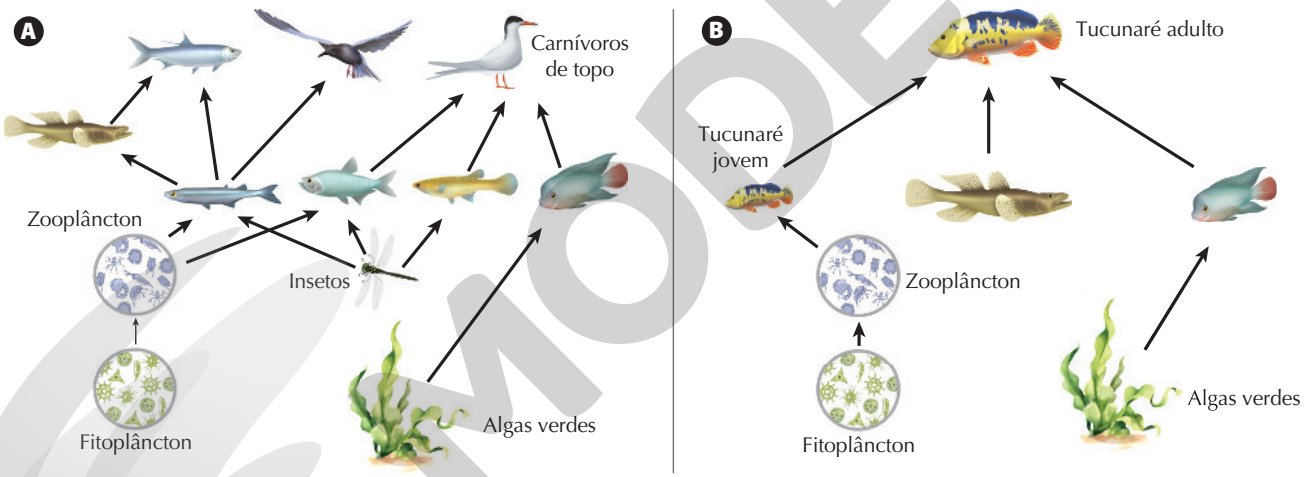
Espécies invasoras

A introdução de uma **espécie exótica** em um ecossistema diferente daquele em que ela evoluiu pode ser intencional ou acidental. Essa prática agravou-se com a intensa movimentação de pessoas em escala global. Os locais onde espécies exóticas são introduzidas muitas vezes seriam naturalmente inacessíveis, embora possam apresentar condições ambientais compatíveis com suas adaptações.

Na maioria dos casos, a introdução desses indivíduos não tem consequências, seja por não constituírem uma população viável, seja por não se adequarem às condições, morrendo ou não conseguindo o sucesso ecológico necessário para estabelecer uma nova população.

Em outros casos, todavia, a espécie encontra condições altamente favoráveis para seu estabelecimento, como a ausência de predadores e competidores naturais, resultando em acentuado crescimento populacional, o que afeta negativamente as espécies nativas. Nesse caso, as espécies exóticas se tornam **espécies invasoras**.

Em 1967, um peixe comum na Bacia Amazônica, o tucunaré (*Cichla ocellaris*), foi introduzido no Panamá, chegando ao lago Gatun. Em cinco anos espalhou-se por todo o lago e eliminou diversas outras espécies de peixes, causando uma grande simplificação na teia alimentar (**Fig. 1.1**).



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Fonte: ZARET, T. M.; PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. *Science*. New Series, v. 182, n. 4111, p. 449-455, 1973.

Figura 1.1 Representação esquemática de parte da teia alimentar do lago Gatun, no Panamá, antes **(A)** e depois (**B**) da introdução do tucunaré (*Cichla ocellaris*). Algumas relações alimentares não estão representadas por serem pouco conhecidas. O principal alimento do tucunaré (em **B**) é uma espécie de peixe de fundo, que se alimenta especialmente de invertebrados e pequenos peixes. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Há vários exemplos de introdução desastrosa de espécies invasoras no Brasil, como pombo doméstico, pardal, rato-preto, rato-marrom, camundongo, mosca-do-chifre e, mais recentemente, o caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*) ou *escargot* africano (**Fig. 1.2**).

A espécie *Achatina fulica* foi introduzida no Paraná, por volta de 1988, como alternativa ao caramujo *escargot*, muito apreciado como alimento na Europa e de grande valor comercial. O caramujo-gigante-africano tem reprodução intensa, cresce mais rápido e é maior que o *escargot*. Ele se alimenta de folhas, flores e frutos, causando grande prejuízo em plantações de hortaliças.

R_SILVER/SHUTTERSTOCK

Figura 1.2 Caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*). A concha mede aproximadamente 10 cm.

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

MODERNA

Outro exemplo importante é o do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), molusco bivalve (**Fig. 1.3**), que veio da Ásia na água de lastro de navios e foi introduzido no estuário do rio da Prata. Sua expansão se deu ao longo do rio Paraguai até o Pantanal e ao longo dos rios Uruguai e Paraná. No rio Paraná há usinas hidrelétricas que sofrem grandes prejuízos por causa dessa espécie, que se fixa nos equipamentos e nas tubulações.

As larvas do mexilhão-dourado são planctônicas e podem ser levadas pela água. Os adultos se fixam no casco das embarcações e, uma vez nelas, podem viajar pelo rio e propagar a espécie. O impacto sobre outras espécies é grande, seja competindo com elas por espaço ou mesmo para fixarem-se sobre os corpos de outros organismos.

HELISSA GRUNDEMANN/ SHUTTERSTOCK

Figura 1.3 Mexilhões-dourados (*Limnoperna fortunei*) na Barragem Sanchuri, em Uruguaiana, RS, sem data. Podem medir até 3 cm.

Extinção de espécies

As espécies podem extinguir-se por processos que não dependem da atividade humana ou que não são decorrentes dela. As extinções sempre ocorreram, mesmo antes do surgimento da espécie humana, e continuarão ocorrendo, já que resultam das frequentes modificações dos ecossistemas e da seleção adaptativa. Provas evidentes da existência de organismos do passado atualmente extintos são os **fósseis**. Na **figura 1.4**, estão indicadas cinco grandes extinções em massa, como a que ocorreu no final do período Permiano e, a mais recente, no final do período Cretáceo, marcada pelo desaparecimento dos dinossauros. Além dessas, muitas outras de menor porte ocorreram.

Quanto à contribuição da ação humana para a extinção de espécies, merecem ênfase o desmatamento e a caça indiscriminada e criminosa de diversos animais, principalmente daqueles que já encontram grande resistência do meio e apresentam baixo potencial biótico. A ave dodô (*Raphus cucullatus*) (**Fig. 1.5**), que viveu nas Ilhas Maurício, a leste de Madagascar, no Oceano Índico, foi extinta em razão da caça predatória de marinheiros da época. Essa ave não voava, não tinha predadores naturais em seu ambiente e não tinha defesa contra os seres humanos. Os dodôs foram encontrados em 1598 e vistos pela última vez em 1662.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA/UNIVERSAL IMAGES GROUP EDITORIAL/GETTY IMAGES

Figura 1.5 Representação artística de um dodô (*Raphus cucullatus*), ave extinta. Media cerca de 1 metro de altura.

Mais recentemente, vários animais, como baleias e peixes-boi (**Fig. 1.6**), foram levados à beira da extinção pela caça indiscriminada e criminosa.

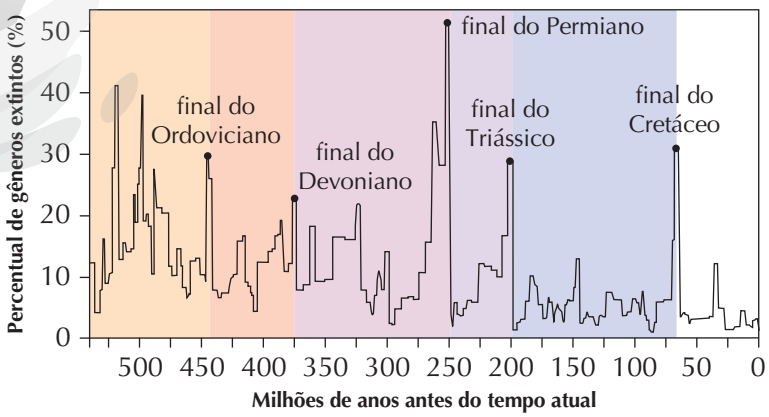
FERNANDOPODOLSKI/E+/GETTY IMAGES

Figura 1.6 O peixe-boi-da-amazônia, ou manati (*Trichechus inunguis*), é encontrado em ambientes de água doce da Bacia Amazônica no Brasil, no Peru, na Colômbia, no Equador, na Guiana e na Venezuela. Mede cerca de 2,8 m.

Atualmente, fala-se em uma sexta grande extinção em curso na era Antropocênica, período não oficial caracterizado pelo incremento dos impactos humanos sobre a natureza. As taxas de extinção para esse período já estão muito acima da extinção de fundo, que é considerada um processo normal.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 1.4 Proporção de gêneros de animais marinhos fossilizáveis extintos desde o período Cambriano



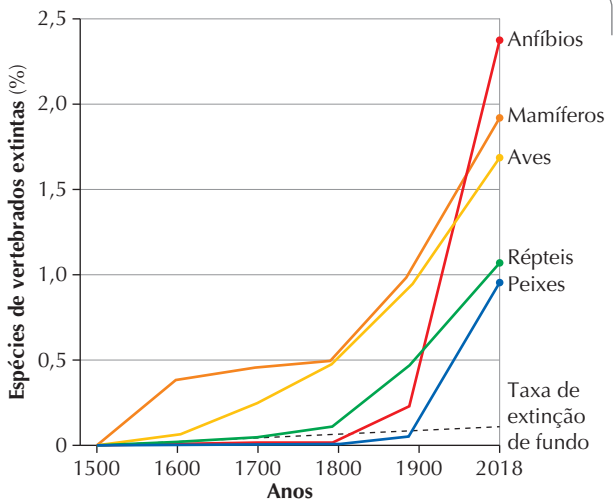
Fonte: FOWLER, S. *et al*. *Concepts of biology*. Texas: Rice University, 2017.

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

A **figura 1.7** mostra a evolução do percentual da extinção de espécies de vertebrados, causada por ação humana, desde 1500 até 2018.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 1.7 Evolução da extinção de vertebrados desde 1500 até 2018



Fonte: INGRAHAM, C. Scientists decry "ignorance" of rolling back species protection in the midst of a mass extinction. *The Washington Post*. 16 ago. 2019. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/business/2019/08/16/scientists-decry-ignorance-rolling-back-species-protections-midst-mass-extinction/>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Alterações abióticas nos ecossistemas

As principais alterações abióticas derivadas da atividade humana compreendem uma variedade de impactos coletivamente chamados de **poluição**, definida como qualquer contaminação do ar, da água ou do solo por quantidades indesejáveis de matéria ou energia, e que pode prejudicar a vida. A seguir, apresentaremos a poluição sonora, térmica, por elementos radioativos, pelo lixo, por substâncias não biodegradáveis e bioacumulação e por derramamento de petróleo.

Poluição sonora

O barulho ou o alto volume de aparelhos de som ou outros aparelhos produz o que chamamos **poluição sonora**. Em curto e em médio prazo, esse tipo de poluição provoca irritação nas pessoas, determinando alterações de comportamento. Em longo prazo, provoca diminuição da audição e até surdez.

A perda auditiva pode fazer parte do dia a dia de pessoas que precisam se expor ao ruído causado por equipamentos e máquinas, como a britadeira, em ambiente de trabalho. Por isso, o uso de protetores auriculares (**Fig. 1.8**) como equipamento de proteção individual (EPI) é indispensável. Além disso, é importante que sigam a Norma Regulamentadora nº 7 (NR-7), que determina que pessoas que trabalham expostas a ruídos acima de 85 decibéis (dB) façam o exame de audiometria periodicamente, desde o dia da admissão.

AISYAQILUMARANAS/SHUTTERSTOCK

Figura 1.8 Operário da construção civil usa protetores auriculares para se proteger do barulho da britadeira.

Segundo a Norma nº 10.152 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os limites aceitáveis de ruído são diferentes para cada tipo de local ou área. Na **tabela 1.1**, o valor menor corresponde ao nível sonoro para conforto e o maior significa o nível aceitável, ambos em decibéis.

Tabela 1.1 Níveis de ruído em diferentes locais ou áreas

Local ou área	Nível de conforto	Nível máximo aceitável
Enfermaria de hospital	35 dB	45 dB
Sala de aula	40 dB	50 dB
Quarto de hotel	35 dB	45 dB
Dormitório residencial	35 dB	45 dB
Escritório com computadores	45 dB	65 dB
Pavilhões fechados para espetáculos e esporte	45 dB	60 dB

Fonte: AGÊNCIA Senado. Sintomas vão da dor de cabeça à perda da audição e pressão alta. *Senado Notícias*. 28 fev. 2019. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/poluicao-sonora/sintomas-vao-da-dor-de-cabeca-a-perda-da-audicao-e-pressao-alta>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o nível de ruído recomendável para a audição é de até 50 decibéis (dB). Os níveis médios de ruídos produzidos por diferentes fontes sonoras estão apresentados, em decibéis, na **tabela 1.2**.

Tabela 1.2 Volume médio dos ruídos produzidos por diferentes fontes sonoras ou ambientes

Fonte sonora	Volume do ruído
Cochicho	15 dB
Jardim tranquilo	30 dB
Escritório	60 dB
Liquidificador	75 dB
Rua com trânsito intenso	85 dB
Caminhão pequeno acelerando	90 dB
Britadeira	100 dB
Avião a jato	120 dB
Limite da audição	140 dB

Fonte: AGÊNCIA Senado. Sintomas vão da dor de cabeça à perda da audição e pressão alta. *Senado Notícias*. 28 fev. 2019. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/poluicao-sonora/sintomas-vao-da-dor-de-cabeca-a-perda-da-audicao-e-pressao-alta>. Acesso em: 13 jul. 2020.

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

MODERNA

Poluição térmica

Atividades humanas podem provocar aumento da temperatura da água em rios, lagos e mares ocasionando alterações locais ou regionais no meio aquático. Esse fenômeno é conhecido como **poluição térmica**. Em certos lagos e mares, por exemplo, o aumento da temperatura pode se dar pela ação de usinas elétricas e atômicas. A água é usada nos sistemas de resfriamento dos reatores durante a geração de energia.

A poluição térmica interfere no sucesso de diversas espécies ao deslocar a temperatura do meio para fora da faixa adequada ao desenvolvimento bem-sucedido dos organismos. Assim, a abundância das populações pode ser alterada, gerando desequilíbrio ecológico e podendo levar à extinção as populações mais sensíveis. Outro efeito importante do aumento da temperatura é a diminuição do teor de gás oxigênio (O_2) dissolvido na água (quanto maior a temperatura do corpo-d´água, mais O_2 é perdido para a atmosfera). Com isso, os organismos aquáticos que dependem do gás oxigênio para respiração não conseguem sobreviver.

Poluição por elementos radioativos

Elementos radioativos causam mutações genéticas que podem desencadear doenças, como o câncer, e até mesmo provocar a morte dos indivíduos. Além disso, mutações que ocorrem nas células produtoras de gametas podem ser transmitidas ao longo das gerações. Assim, a preocupação sobre o que fazer com o lixo radioativo e como evitar a poluição por esses elementos deve ser sempre muito grande. Um dos problemas da contaminação nuclear é a persistência dos contaminantes no ambiente.

Na década de 1980, ocorreram dois graves acidentes radioativos no mundo: em Chernobyl (na região que hoje corresponde à Ucrânia, na época ligada à União Soviética) e em Goiânia (no Brasil).

Em 1986, a usina atômica de Chernobyl teve um de seus quatro reatores nucleares destruído por uma explosão seguida de incêndio (**Fig. 1.9**).

SHONE/GAMMA-RAPHO/GETTY IMAGES

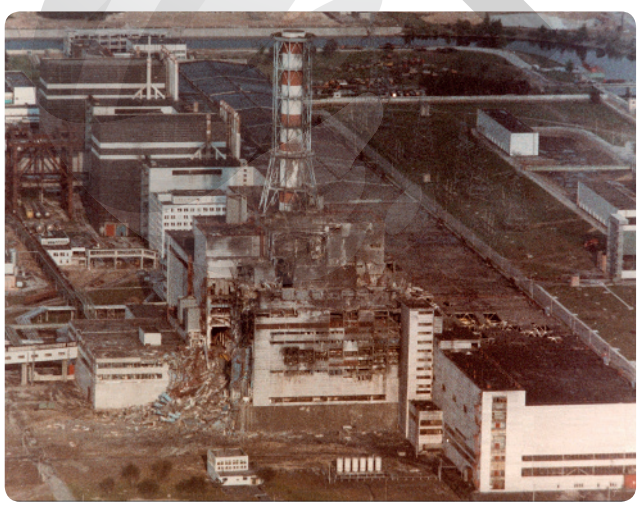


Figura 1.9 Usina nuclear de Chernobyl, Ucrânia, três dias após a explosão do reator, que aconteceu em 26 de abril de 1986.

O acidente provocou a liberação de uma nuvem radioativa que ultrapassou o perímetro da cidade, atingiu a capital da Ucrânia, Kiev, e vários países da Europa, contaminando a vegetação, o solo, os rios, os mares da região e os animais, incluindo o ser humano. Houve restrição de consumo de alimentos por estarem contaminados. Foi, sem dúvida, o pior acidente nuclear da história, no qual muitas pessoas foram mutiladas e mortas, além das que desenvolveram desde cânceres e lesões de pele até mutações genéticas preocupantes para as gerações futuras.

No Brasil, em 1987, uma pequena cápsula contendo um pó radioativo, o césio-137, foi aberta por pessoas que desconheciam o perigo desse material, provocando um dos acidentes mais graves já registrados no mundo envolvendo esse elemento radioativo. Nessa cápsula, havia apenas 19 gramas de césio, que fazia parte de um equipamento usado em radioterapia que foi abandonado nos escombros do antigo Instituto Goiano de Radioterapia. A cápsula foi removida do local por sucateiros para ser vendida como ferro-velho. Ao abri-la, as pessoas ficaram atraídas pela luminescência do césio e manipularam o pó, passando-o pelo corpo e distribuindo-o entre parentes e amigos. Evidentemente não sabiam do perigo que estavam correndo. Um material como esse nunca poderia ter sido abandonado em um hospital desativado. O saldo desse acontecimento: quatro mortes, uma pessoa com braço amputado, centenas de pessoas contaminadas e mais de novecentas com algum tipo de sequela.

Mais recentemente, em 2011, no Japão, o reator Dátchi I da usina nuclear de Fukushima teve seu sistema de refrigeração afetado por um *tsunami* provocado por um forte terremoto (magnitude de 8,9 pontos na escala Richter). Isso levou à explosão do reator, que liberou grandes quantidades de material radioativo, especialmente césio-137.

Os fatos ocorridos em Chernobyl, Goiânia e Fukushima não podem ser esquecidos. Eles servem como alerta para o grande perigo que os acidentes nucleares podem representar e despertam a atenção para mais um problema: o que fazer com o lixo radioativo.

Alguns países cogitam eliminar completamente sua dependência da energia nuclear. A Alemanha foi o primeiro a tomar essa decisão. Em 2012, o governo desse país optou por desativar todas as suas 17 usinas nucleares até 2022.

Até aqui, nós nos referimos à poluição radioativa oriunda de equipamentos projetados para a paz. Não podemos deixar de considerar a poluição decorrente da explosão de artefatos nucleares, como as bombas A, ou termonucleares, como as bombas H. A poeira radioativa que resultaria dessa explosão seria levada pelo vento e pelas águas, disseminando a contaminação e com possíveis consequências em escala planetária.

Poluição pelo lixo

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em uma publicação de 2018, a humanidade produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano. Nesse mesmo ano, o Brasil produziu, em média, 79 milhões de toneladas de

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

EM OBRA

lixo, com estimativas de 240 mil toneladas a cada 24 horas. Quando comparado com os demais países da América Latina, o Brasil é campeão em geração de lixo, e, se nenhuma medida mitigatória for adotada, poderá alcançar a marca anual de 100 milhões de toneladas por volta de 2030.

Só o município de São Paulo, o maior em número de pessoas, produz 56 mil toneladas de lixo todos os dias. O que fazer com esse lixo, constituído por diversos materiais, como vidros, plásticos, metais, papéis, papelão e restos de comida? Alguns desses itens levam muito tempo para se degradar, mantendo-se presentes no ambiente por longos períodos, como podemos ver na **tabela 1.3**.

Tabela 1.3 Tempo de decomposição dos materiais no ambiente

Materiais	Tempo de decomposição
Papel	De 3 a 6 meses
Tecidos	De 6 meses a 1 ano
Madeira pintada	Mais de 13 anos
Náilon	Mais de 20 anos
Metal	Mais de 100 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Plástico	Mais de 400 anos
Vidro	Mais de 1.000 anos
Borracha	Indeterminado

Fonte: BRASIL. *Manual de educação para o consumo sustentável*. Brasília: MMA, MEC, IDEC, 2005. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Os problemas de saúde gerados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos dependem muito dos componentes presentes e afetam, principalmente, as populações que têm sua fonte de renda nos materiais descartados. Entre esses problemas estão as doenças transmitidas por pragas associadas ao lixo (**Tab. 1.4**) e as intoxicações por metais pesados liberados por produtos que foram descartados inadequadamente (**Tab. 1.5**).

Tabela 1.4 Doenças que podem ser propagadas por vetores atraídos pelo lixo

Vetores	Formas de transmissão	Enfermidades
Rato e pulga	Mordida, urina, fezes e picada	Leptospirose, peste bulbônica, tifo murino
Mosca	Asas, pernas, corpo, fezes e saliva	Febre tifoide, cólera, amebíase, giardíase, ascaridíase
Mosquito	Picada	Malária, febre amarela, dengue, leishmaniose
Barata	Asas, pernas, corpo e fezes	Febre tifoide, cólera, giardíase
Gado e porco	Ingestão de carne contaminada	Teníase, cisticercose
Cão e gato	Urina e fezes	Toxoplasmose

Fonte: BRASIL. *Manual de educação para o consumo sustentável*. Brasília: MMA, MEC, IDEC, 2005. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Tabela 1.5 Efeitos da contaminação por metais pesados nos seres humanos

Metal pesado	Onde é encontrado	Efeitos
Mercúrio	Produtos farmacêuticos, lâmpadas fluorescentes, interruptores, pilhas e baterias, tintas, fungicidas, termômetros	Distúrbios renais, lesões neurológicas, efeitos mutagênicos, alterações do metabolismo, deficiência nos órgãos sensoriais, irritabilidade, insônia, cegueira, surdez, morte
Cádmio	Baterias e pilhas, plásticos, pigmentos, papéis	Dores reumáticas, distúrbios metabólicos, osteoporose, disfunção renal
Chumbo	Tintas, impermeabilizantes, cerâmica, vidro, inseticidas, baterias	Perda de memória, dor de cabeça, anemia, paralisia

Fonte: BRASIL. *Manual de educação para o consumo sustentável*. Brasília: MMA, MEC, IDEC, 2005. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

A sociedade de consumo vem aumentando a quantidade de lixo produzido em razão dos inúmeros itens descartáveis usados no cotidiano das pessoas.

O problema do lixo é muito sério. Algumas soluções têm sido propostas, mas os resultados ainda não são definitivos. Uma das mais antigas consiste em remover o lixo de um local e transferi-lo para outro, procedimento que origina os imensos **lixões** a céu aberto (**Fig. 1.10**).

JOA_SOUZA/ISTOCK UNRELEASED/GETTY IMAGES

Figura 1.10 Pondo em risco a saúde, algumas pessoas recolhem materiais que serão vendidos para a reciclagem. Lixão no município de Alagoinhas, Bahia, 2019.

Além do mau cheiro, os lixões são responsáveis por intensa proliferação de insetos, como moscas e baratas, e de outros animais, como ratos, o que causa um grave problema de saúde pública. Fora isso, o **chorume**, resíduo líquido do lixo, não é coletado, infiltrando-se no solo e contaminando o lençol freático.

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

MODERNA

SERGIO RANALLI/PULSAR IMAGENS

Figura 1.11 Caminhão descarregando lixo em aterro sanitário em Londrina, PR, 2019.

Os **aterros controlados** atenuam um pouco o impacto, mas ainda não são a melhor solução. Neles, o lixo é coberto com uma camada de terra e o chorume é manejado para a superfície, a fim de reduzir a infiltração.

No Brasil, em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, prevendo a criação de planos para a eliminação de lixões e a posterior recuperação dos terrenos que eles ocupavam. Atualmente, há formas mais adequadas para lidar com o lixo, como a construção de aterros sanitários, a incineração (queima), a compostagem e a reciclagem.

Nos **aterros sanitários** (**Fig.1.11**), o solo é preparado para receber impermeabilização e impedir que o lixo contamine o lençol freático. São colocadas camadas alternadas de lixo e de terra, o que evita o mau cheiro e a proliferação de animais.

Nesses aterros, bactérias anaeróbias realizam a decomposição da matéria orgânica; entre elas, há as que produzem o gás metano. Como essa produção é intensa, é importante haver locais próprios para a saída do gás, que pode ser coletado e usado como combustível (**Fig. 1.12**). Quando não é aproveitado, geralmente esse gás é queimado nas chaminés adaptadas ao substrato dos aterros.

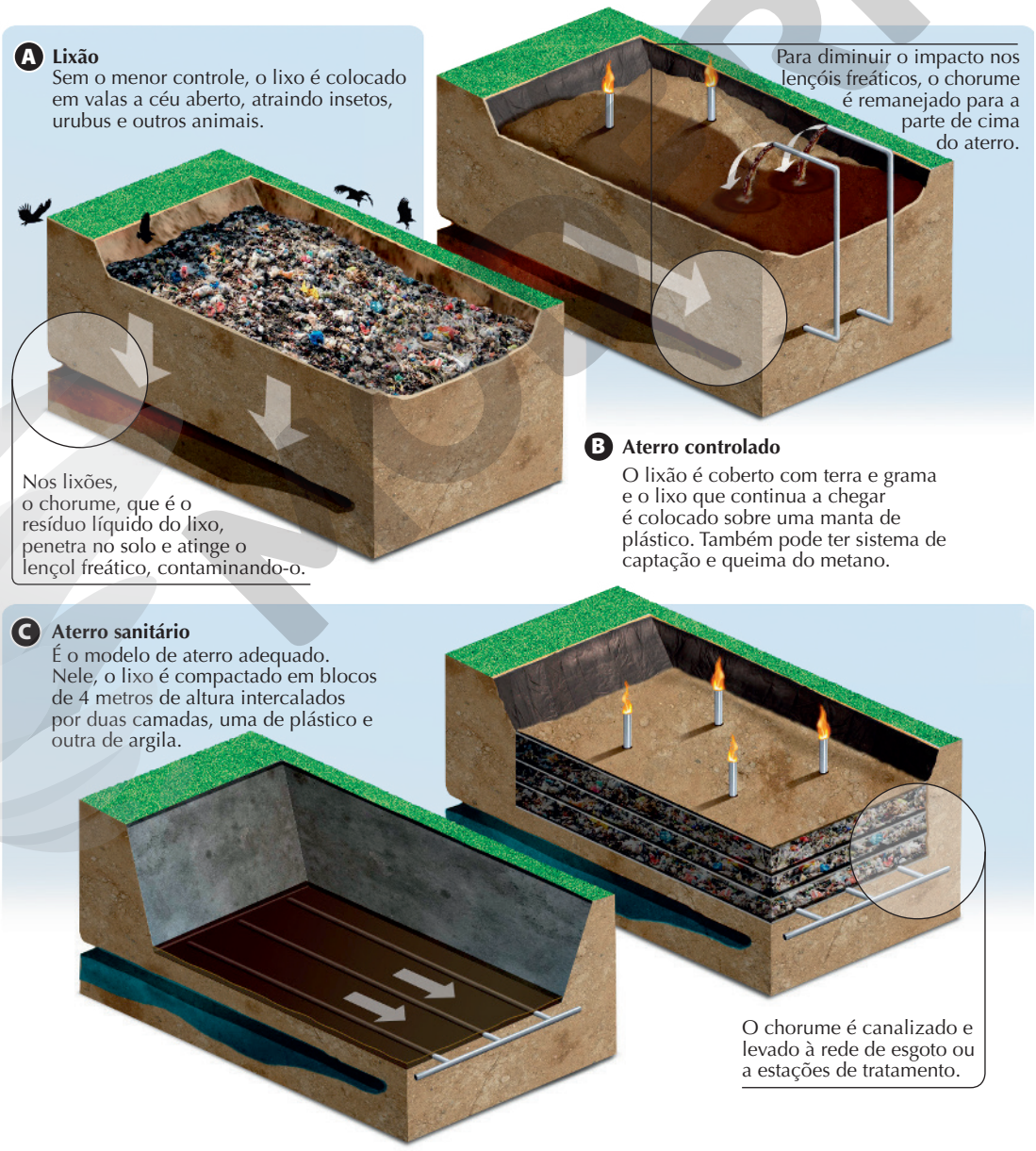


Figura 1.12 Representação esquemática de três alternativas para disposição de lixo. **(A)** Lixão. **(B)** Aterro controlado. **(C)** Aterro sanitário. No Brasil, em 2018, foram gerados 79 milhões de toneladas de resíduos. Desse total, 59,1% receberam destinação correta em aterros sanitários. O restante, 40,9%, foi despejado em locais inadequados, indo para lixões ou aterros controlados. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fontes: ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2018/2019. 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>; EM DISCUSSÃO! Destino dos resíduos sólidos quase sempre é inadequado. *Jornal do Senado*. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/revista-em-discussao-edicao-junho-2010/infografico-destino-dos-residuos-solidos-quase-sempre-e-inadequado.aspx>. Acessos em: 13 jul. 2020.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ IRIA

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

Uma parte substancial do lixo coletado é descartada em condições inadequadas e cerca de 12% do lixo produzido é descartado nas ruas e em terrenos baldios, contribuindo para entupir bueiros e poluir rios e córregos urbanos, além de atrair ratos e outras pragas.

A **incineração** é realizada principalmente nos casos de lixo contaminado, como o hospitalar. Apesar de ser executada em incineradores apropriados, esse processo sempre gera poluição do ar pela emissão de gases.

A **compostagem** consiste em transformar a parte orgânica do lixo em compostos que podem servir de fertilizante para o solo. Além de ser uma solução para o lixo orgânico, com participação no processo de ciclagem da matéria orgânica, também contribui para a agricultura.

Alguns munícipios fazem a **coleta seletiva** (**Fig. 1.13**), facilitando o tratamento do lixo urbano e a reciclagem de certos materiais.

LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Figura 1.13 Na coleta seletiva de lixo há recipientes próprios para o descarte de metal (amarelo), lixo orgânico (marrom), plástico (vermelho), vidro (verde) e papel (azul).

Segundo dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre), no entanto, a coleta seletiva de lixo está presente em apenas 18% dos municípios do país e atende apenas 15% da população brasileira. Materiais como vidro, metal, papel e plástico são encaminhados para cooperativas de reciclagem e reaproveitados na fabricação de novos produtos (**Fig. 1.14**).

CHICO FERREIRA/PULSAR IMAGENS

Figura 1.14 Funcionários da Cooperativa de Materiais Recicláveis de Irajá, RJ, manipulando o material coletado seletivamente, 2019.

Atualmente tem sido valorizada a política dos sete R's:

- **Reduzir**: diminuir a geração de lixo, desperdiçar menos.
- **Repensar**: avaliar hábitos de consumo e descarte.
- **Reutilizar**: dar nova utilidade a produtos já usados, desde que possível.
- **Reciclar**: transformar algo usado em algo novo por meio de processos industriais.
- **Recusar**: não consumir produtos que gerem impactos socioambientais significativos.
- **Respeitar**: aceitar que os recursos naturais são limitados e considerar esse fato no momento de tomar decisões de consumo.
- **Responsabilizar-se**: estar ciente da origem dos produtos que consome e das empresas que os produzem e agir em relação a isso.

A conscientização e a realização de projetos usando materiais reutilizados podem ser feitas em sala de aula, como mostrou a professora Débora Garofalo, primeira mulher brasileira e primeira sul-americana a ficar entre os dez finalistas do *Global Teacher Prize 2019*. Ela usou o lixo para ensinar robótica e mudar a vida de várias pessoas (**Fig. 1.15**). Hoje o seu projeto é replicado para mais de 2,5 milhões de alunos no estado de São Paulo.

ANDRÉ PORTO

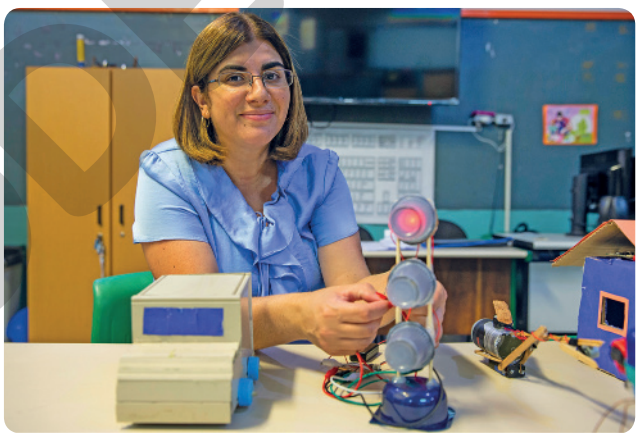


Figura 1.15 Professora Débora Garofalo com um dos protótipos de robótica produzidos com sucata por seus estudantes.

Poluição por substâncias não biodegradáveis e bioacumulação

O aumento da quantidade de substâncias não biodegradáveis no ambiente traz sérios problemas aos ecossistemas. As substâncias biodegradáveis são decompostas por organismos, principalmente bactérias. Já os produtos não biodegradáveis não sofrem decomposição, caso principalmente das substâncias organocloradas e dos metais pesados, como o mercúrio. Essas substâncias podem se acumular nos tecidos dos seres vivos e ir se concentrando ao longo das cadeias alimentares, em um processo denominado **bioacumulação**, que acarreta problemas aos indivíduos contaminados.

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

PROVA

O mais persistente dos organoclorados é o dicloro-difenil-tricloroetano (DDT). Uma vez lançado no ambiente, ele permanece intacto por vários anos e acumula-se nos tecidos dos organismos. Assim, passa inalterado pelos sucessivos níveis das cadeias alimentares. No tecido dos produtores, como as plantas, a concentração de DDT pode ser baixa. Mas os herbívoros, ao se alimentarem de produtores, acumulam a maior parte do DDT ingerido e excretam uma pequena porção. O mesmo processo se repete com os carnívoros (**Fig. 1.16**).

LUCA NAVARRO

Figura 1.16 Representação esquemática da pirâmide de energia que mostra o aumento da concentração de DDT (em partes por milhão – ppm) nos tecidos dos organismos ao longo de uma cadeia alimentar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: MEYER, J. *Pest control tactics*. Disponível em: <https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/text19/convchem.html>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Aves que se alimentam em áreas de amplo uso de DDT colocam ovos com casca muito fina, que se quebra facilmente (**Fig. 1.17**). Isso causa elevada taxa de mortalidade entre os filhotes, resultando na diminuição da densidade populacional desses animais.

Um poluente importante, encontrado principalmente na água, é o mercúrio – metal líquido à temperatura ambiente –, amplamente usado em indústrias químicas de tintas, de fungicidas, de pesticidas e de papel. Na forma inorgânica, o mercúrio é relativamente inócuo, por ser pouco absorvido no trato digestório. Entretanto, torna-se altamente tóxico quando associado a compostos orgânicos, caso principalmente do metilmercúrio. Essa substância, se ingerida, provoca lesões nervosas que podem levar o indivíduo à morte, e, assim como o DDT, concentra-se nos tecidos dos organismos ao longo das cadeias alimentares.

Na Baía de Minamata, no Japão, pescadores foram envenenados ao comerem peixes contaminados por metilmercúrio, que foi introduzido na água pelo lançamento de dejetos, desde 1930, por uma indústria química. Somente vinte anos depois surgiram os reflexos dessa contaminação, com a morte de peixes, moluscos e pássaros. Em 1956, foi registrado o primeiro caso de intoxicação humana, uma criança com danos cerebrais. Depois desse caso, surgiram vários outros, que ficaram conhecidos como a doença de Minamata.

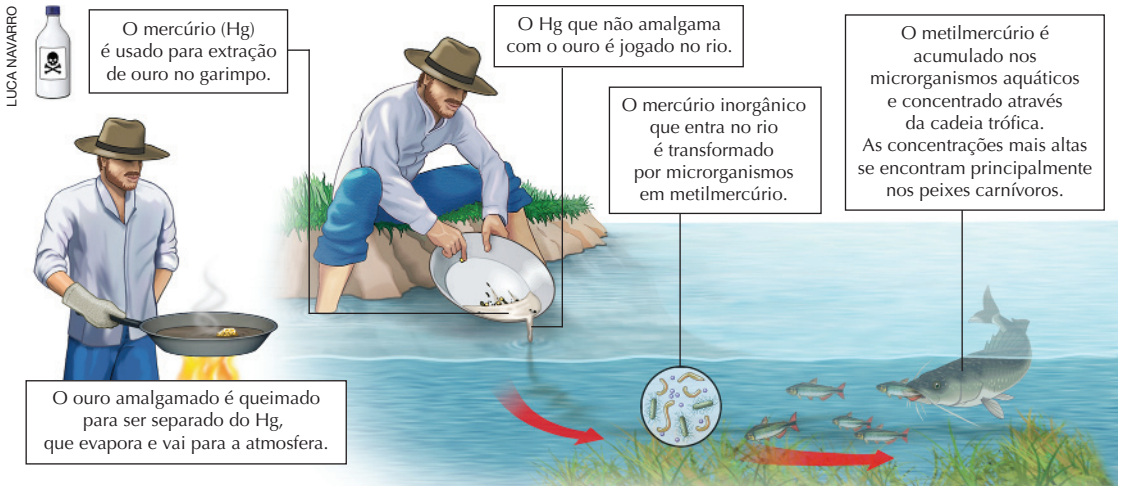
GEORGE SILK/THE LIFE PICTURE COLLECTION/GETTY IMAGES

Figura 1.17 Ovos de íbis; as aves que se alimentam em áreas contaminadas por DDT têm a casca de seus ovos fragilizada.

O uso do mercúrio também faz parte do processo tradicional utilizado no garimpo para viabilizar a separação do ouro dos demais sedimentos. Uma parte dele é despejada nos rios e igarapés e a outra é lançada na atmosfera, quando se vaporiza por aquecimento. Uma vez na atmosfera, ele cai nas proximidades das áreas de exploração e vai sendo lentamente convertido em metilmercúrio por bactérias, entrando na cadeia alimentar (**Fig. 1.18**). No Brasil, no norte de Mato Grosso, no Pará, em Roraima e no Amapá, onde a atividade de garimpo é intensa, os povos indígenas têm protestado contra a atividade de garimpeiros que poluem, com mercúrio, as águas dos rios dos quais os povoados dependem para viver.

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

MODERNA



Fonte: INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. *O povo Yanomami está contaminado por mercúrio do garimpo*. Disponível em: <https://medium.com/hist%C3%B3rias-socioambientais/o-povo-yanomami-est%C3%A1-contaminado-por-merc%C3%BArio-do-garimpo-fa0876819312>. Acesso em: 13 jul. 2020.

Figura 1.18 Representação esquemática do processo tradicional de garimpo. O mercúrio utilizado nele é incorporado em cadeias alimentares, acumulando-se ao longo dos níveis tróficos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O garimpo na Terra Indígena Yanomami

O garimpo já deixou marcas profundas no povo e no território Yanomami. Entre 1986 e 1990, estima-se que 20% da população (1.800 pessoas) morreu em função de doenças e violências causadas por 45 mil garimpeiros que invadiram suas terras.

A invasão e a tensão crescente do garimpo culminaram, nos anos de 1990, em um episódio de grande repercussão mundial por sua barbárie. Em julho de 1993, garimpeiros invadiram uma aldeia Yanomami e assassinaram a tiros e golpes de facão 16 indígenas, entre eles idosos, mulheres e crianças. Conhecido como o Massacre de Haximu, foi o primeiro caso julgado pela Justiça brasileira no qual os réus foram condenados por genocídio. [...]

O garimpo continua sendo uma ameaça à vida dos Yanomami e Ye'kwana. Desde 2014, a invasão de seus territórios por garimpeiros cresce assustadoramente. Hoje, estima-se que cinco mil garimpeiros atuam ilegalmente na Terra Indígena Yanomami. As diversas denúncias feitas pelos índios não têm resultado em ações efetivas dos órgãos governamentais responsáveis. Se nada for feito de concreto, um novo Haximu pode estar a caminho.

Para acabar com o garimpo ilegal na Terra Indígena Yanomami é preciso que se descubram os seus financiadores, que são os que realmente lucram e sustentam esta atividade. É preciso descobrir a rota do ouro, ou seja, por onde passa e qual seu destino final.

Neste sentido, a Polícia Federal realizou duas operações que levantaram apenas a beira do manto que encobre esta atividade ilegal: a operação Xawara, em 2012, e a operação Warari Koxi, em 2015. Além de descobrirem alguns comerciantes e donos de avião em Roraima, também descobriram que o ouro chega a uma Distribuidora de Valores e Títulos Imobiliários (DTVM), na Avenida Paulista, na cidade de São Paulo. **Fica o alerta:** o ouro comercializado nos grandes centros financeiros do Brasil pode carregar com ele o sofrimento do povo Yanomami.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. *O povo Yanomami está contaminado por mercúrio do garimpo*. Disponível em: <https://medium.com/hist%C3%B3rias-socioambientais/o-povo-yanomami-est%C3%A1-contaminado-por-merc%C3%BArio-do-garimpo-fa0876819312>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Poluição por derramamento de petróleo

Os derramamentos de petróleo no mar são causados principalmente por acidentes com navios petroleiros ou plataformas de petróleo e pela água usada na lavagem dos reservatórios de petróleo dos navios, que depois é lançada diretamente no mar.

O petróleo derramado forma extensas manchas na camada superficial das águas e, com isso, bloqueia a passagem de luz, o que afeta a fotossíntese e impede as trocas de gases entre a água e o ar. Os animais aquáticos são diretamente afetados pelo petróleo, pois ele se impregna na superfície de seus corpos e os mata por intoxicação. As aves marinhas podem ficar com as penas recobertas por petróleo, o que as impede de voar e de realizar a termorregulação, causando sua morte (**Fig. 1.19**).

WIN MCNAMEE/GETTY IMAGES

Figura 1.19 Pelicano coberto de óleo em razão de um derramamento de petróleo. Louisiana, nos Estados Unidos, 2010.

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

MODERNA

Os derramamentos de petróleo que atingem as regiões de manguezais também são muito graves porque destroem a principal área de procriação para muitas espécies marinhas. Além disso, as plantas do manguezal, que possuem raízes que trocam gases acima do sedimento, ficam incapacitadas de realizar essa função, comprometendo a parte subterrânea dos sistemas radiculares, o que pode levá-las à morte.

No Brasil, em 2019, um vazamento de grandes quantidades de petróleo cru atingiu as costas das regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, e a ação de cidadãos voluntários foi fundamental para recolher mais de 4.500 toneladas do material depositado nas praias e mangues, minimizando esse desastre ambiental (**Fig. 1.20**). Na ocasião, os responsáveis pelo derramamento do petróleo não foram identificados.

CARLOS EZEQUIEL VANNONI/ AGÊNCIA PIXEL PRESS/ESTADÃO CONTEÚDO

Figura 1.20 Voluntários integram força-tarefa para limpeza da Praia de Maragogi, AL, 2019.

Alguns métodos são usados para conter a dispersão das manchas de petróleo derramado, entre eles barreiras físicas e sucção por bombas. O uso de detergentes não tem sido indicado, pois seus efeitos podem ser tão graves quanto os ocasionados pelo petróleo. Este pode também ser degradado pela ação de bactérias específicas, mas esse processo, isoladamente, é muito lento.

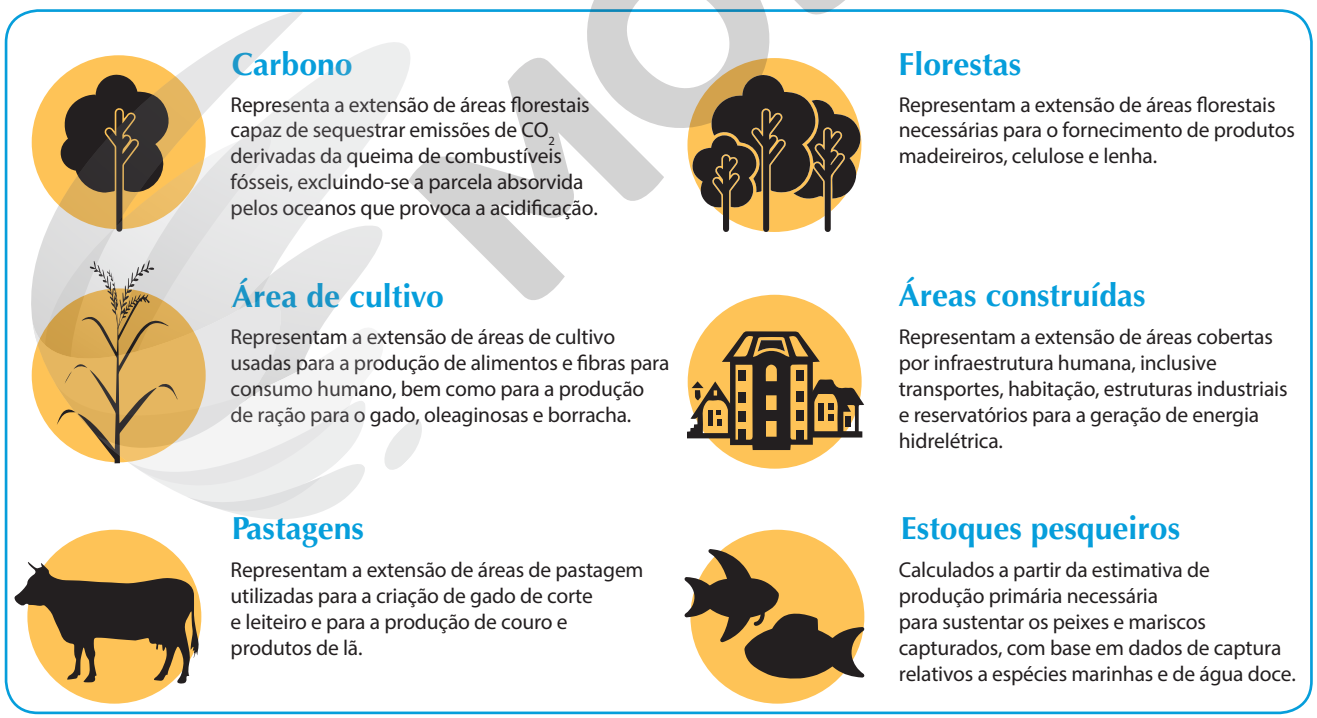
Tão importante quanto descobrir técnicas para retirar o petróleo das águas e das praias é procurar evitar o derramamento dele por meio de medidas de segurança nos petroleiros e nas plataformas, assim como ter cuidado na lavagem dos tanques dos navios.

Pegada ecológica e biocapacidade

O conceito de **pegada ecológica** foi desenvolvido na década de 1990 pelo ecólogo canadense William Rees e seu então estudante de doutorado, o suíço Mathis Wackernagel. Eles publicaram em 1996 o livro *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth* (tradução: *A nossa pegada ecológica: reduzindo o impacto do ser humano na Terra*), no qual discorrem sobre o tema.

A pegada ecológica nos permite saber que extensão de um território, em hectares (ha), um indivíduo (ou uma população) utilizaria, em média, para obter os recursos naturais de que necessita.

Os principais componentes da pegada ecológica estão resumidos na **figura 1.21**.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Figura 1.21 Representação esquemática dos componentes da pegada ecológica. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: WWF. *O que compõe a pegada ecológica?* Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/o_que_compoe_a_pegada/>. Acesso em: 13 jul. 2020.

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

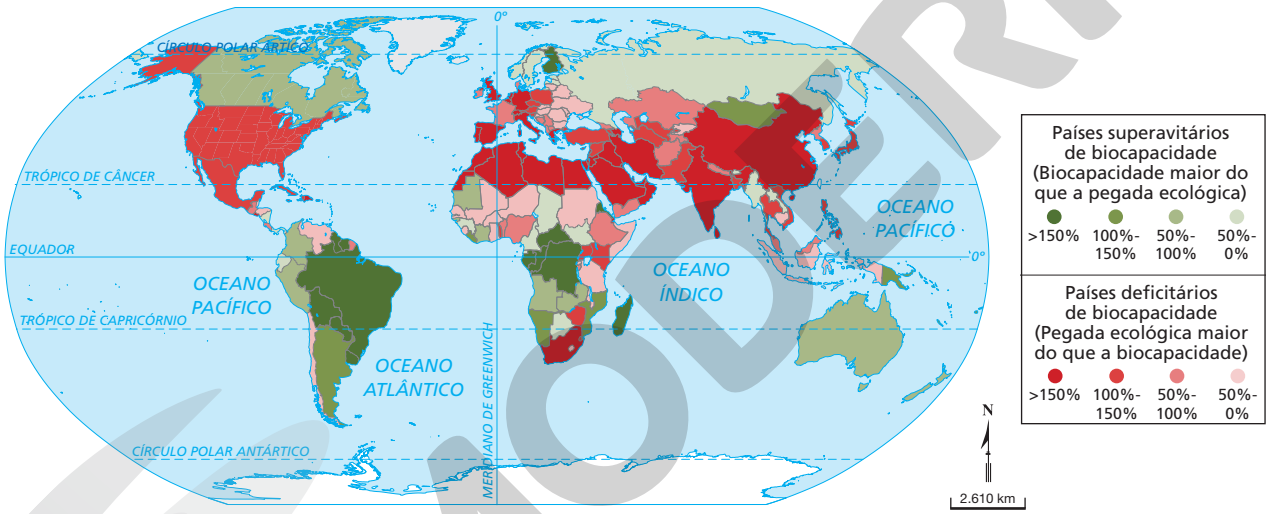
MODERNA

A **biocapacidade** ou **capacidade de suporte** representa a área (em hectares) de terras produtivas necessárias para produzir os recursos suficientes para manter o padrão de consumo de um indivíduo ou de uma população. Ela tende a diminuir rapidamente quando há mau uso do solo, que leva à erosão, à poluição e a muitas outras formas de degradação ambiental.

Estudos indicam que desde os anos 1970 a demanda da população mundial por recursos naturais é maior do que a capacidade do planeta para renová-los. Dados de 2012 já estimavam que a pegada ecológica era muito superior que a biocapacidade da Terra. Os valores indicaram que a humanidade consome em um ano o que a Terra leva 1,5 ano para produzir. Estamos vivendo em uma era de alto consumo, mais evidente no padrão de vida das grandes cidades, em que o ser humano aparentemente está "desconectado" da natureza. O cidadão muitas vezes não sabe de onde vêm ou como foram preparados os alimentos – basta ir ao supermercado para ter a falsa segurança da fartura. Os dejetos desaparecem nos vasos sanitários; o lixo produzido é levado pelos caminhões de coleta; e as pessoas acabam por se esquecer de que tudo o que consumimos e tudo o que descartamos tem uma ligação direta com o ambiente e sua capacidade de suporte.

Quando se compara a biocapacidade de um país com sua pegada ecológica, pode-se saber se essa relação é adequada, se gera um **déficit ecológico** ou se há **reserva ecológica** (**Fig. 1.22**).

Figura 1.22 Relação entre a biocapacidade e a pegada ecológica de cada país, com base em dados de 2019



Fonte: GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. *Ecological deficit/reserve*. Disponível em: <http://data.footprintnetwork.org/#/>. Acesso em: 23 jun. 2020.

O déficit ocorre quando a pegada ecológica da população de um país é maior que sua biocapacidade. Isso significa que aquele país, para manter seu consumo, tem de importar recursos de outros países. A reserva ecológica surge quando a biocapacidade do país é maior do que a pegada ecológica de sua população.

A análise da pegada ecológica nos faz perguntar: qual seria o caminho para evitar um colapso ambiental? Especialistas apontam como uma das principais soluções a educação e a sensibilização da sociedade, que precisa urgentemente rever seus padrões de produção e consumo e buscar alternativas para o desenvolvimento sustentável.

:: Desenvolvimento sustentável

O conceito de **desenvolvimento sustentável** foi proposto em 1987, no Relatório Brundtland, intitulado *Our Common Future* (tradução: Nosso futuro comum), da ONU:

> Desenvolvimento sustentável significa suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades.

Para sustentar os processos ecossistêmicos e minimizar a perda da biodiversidade é necessária a integração das ciências biológicas com as ciências sociais e econômicas.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
FERNANDO JOSÉ FERREIRA
MODERNA

No modelo de desenvolvimento sustentável, considera-se que o avanço econômico e a conservação do meio ambiente são compatíveis e devem estar intimamente relacionados. Os recursos naturais são suficientes para atender às necessidades de todos, desde que manejados de acordo com sua taxa de renovação. Para isso, devem ser elaborados planos de manejo que considerem não apenas as características do ambiente, mas também a cultura, a história e a situação social da comunidade que depende desses recursos naturais.

Os quatro pilares do desenvolvimento sustentável são:

- ser **economicamente viável** sem agredir o ambiente;
- ser **socialmente justo**, acessível a todos;
- ser **culturalmente diversificado**, promovendo igualdade e benefícios para todos;
- ser **ecologicamente correto**, não esgotando os recursos da natureza.

Não é fácil atender a todos esses quesitos simultaneamente, quando há poderes econômicos envolvidos, mas há um forte movimento de busca da sustentabilidade, como reuniões mundiais que visam propor medidas em termos globais.

Em escala global, foram acontecendo vários eventos internacionais muito importantes para a discussão de medidas para a preservação da vida no planeta. Um desses eventos aconteceu em 1992, no município do Rio de Janeiro, e ficou conhecido como **Eco-92**. Representantes de 170 países estiveram presentes (**Fig. 1.23**) e, como resultado dessa grande conferência, foi elaborado um documento chamado **Agenda 21**, definido como um plano de ação global para o século XXI.

LUCIANA WHITAKER/FOLHAPRESS

Figura 1.23 Líderes mundiais reunidos na Eco-92, no município do Rio de Janeiro, RJ, em 1992.

Um dos pontos importantes defendidos na Agenda 21 é a necessidade de investimentos governamentais em programas de desenvolvimento sustentável. Assim, uma comunidade humana do litoral, que vive da coleta de algas nos bancos naturais, seria incentivada a desenvolver um projeto de cultivo sustentável como alternativa para a coleta pura e simples, mitigando, assim, o esgotamento desse recurso natural.

Entretanto, existem populações que não vivem em situação de pobreza nem diretamente da extração de recursos da natureza, como acontece com as populações que vivem em cidades altamente industrializadas. Nesses casos, de acordo com a Agenda 21, é fundamental que as pessoas revejam seus estilos de vida, avaliando principalmente seus padrões de consumo.

Em 1997, houve uma reunião na ONU, a **Rio+5** (cinco anos após a Eco-92), na qual foram apontadas algumas lacunas ou pontos mal definidos na Agenda 21 e que dificultavam sua implementação. Ainda naquele ano, aconteceu um encontro mundial na cidade de Kyoto, no Japão, onde foi elaborado um dos mais ambiciosos projetos de combate ao aquecimento global: o **Protocolo de Kyoto**, estabelecendo que os países industrializados deveriam, até 2012, reduzir em média 5,2% de suas emissões de gases causadores do efeito estufa, principalmente CO_2, em relação aos níveis alarmantes detectados em 1990. Esse acordo não foi efetivo, e o que se verificou foi o aumento das emissões dos gases de efeito estufa em 16,2% de 2005 a 2012.

Como a atmosfera é dinâmica, a emissão de poluentes em determinada região afeta todo o planeta; por outro lado, o controle da descarga de gases de efeito estufa beneficiaria a atmosfera, independentemente do local onde o controle é exercido. Baseando-se nesse pressuposto, um dos artigos do Protocolo de Kyoto estabelece que as nações desenvolvidas e industrializadas devem financiar projetos na área industrial e energética em países pouco desenvolvidos, desde que os projetos sejam baseados no uso de energia renovável e na emissão reduzida ou nula de gases do efeito estufa na atmosfera. Dessa maneira, os países ricos estariam contribuindo não apenas com a atmosfera, mas também com o desenvolvimento das outras nações.

O Protocolo de Kyoto cria mecanismos para o chamado "mercado dos créditos de carbono", que, simplificadamente, permite que um país com débito de emissões de CO_2 (em relação à cota estabelecida no Protocolo de Kyoto) compre cotas de países com crédito, ou seja, que emitem menos CO_2 em relação à meta estabelecida. Em síntese, é uma forma de levar um número maior de países a atender as cotas estabelecidas internacionalmente.

O Brasil foi um dos primeiros países a assinar o Protocolo de Kyoto. No entanto, alguns países industrializados têm se negado a validar esse documento por não concordarem com a meta de redução na emissão de gás carbônico (CO_2) estabelecida para eles.

Foi nesse contexto que aconteceu a **Rio+10**, entre 26 de agosto e 4 de setembro de 2002, na África do Sul. Participaram da cúpula 191 países para retomar as questões apontadas na Eco-92. As discussões ambientais foram organizadas em cinco eixos principais: água e saneamento, agricultura, energia, saúde e biodiversidade.

Em fevereiro de 2006, um documento das Nações Unidas divulgando o *status* de ratificação do Protocolo de Kyoto mostrava a adesão de 162 países que, juntos, respondem por cerca de 62% das emissões. Os Estados Unidos não constam dessa lista até hoje. O Brasil, onde o protocolo já está em vigor, é um dos países com maior número de projetos em andamento, a maioria para o desenvolvimento de tecnologias que usam fontes renováveis de energia.

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

Em 2012 realizou-se a conferência **Rio+20**, no município do Rio de Janeiro. O tema principal foi o desenvolvimento sustentável, fundado em três pilares: econômico, social e ambiental. Dentro desse tema, a ONU escolheu as seguintes abordagens:

- economia "verde" no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza;
- estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.

Na primeira abordagem, a comunidade internacional é desafiada a conceber um novo modelo de desenvolvimento que reduza as desigualdades sociais – tanto na esfera nacional quanto internacional – e seja ambientalmente responsável, socialmente justo e economicamente viável.

O segundo ponto propõe uma discussão acerca do fortalecimento do multilateralismo, assegurando debates democráticos e inclusivos que contem com o apoio efetivo e a vontade política necessários para a solução dos problemas globais.

Diante de tantas dificuldades, por outra iniciativa da ONU, foi realizada, também em 2012, a 18ª Conferência das Partes (COP18) em Doha, no Qatar. Nessa conferência foi prorrogada a validade do Protocolo de Kyoto até 2020, mas o impacto dessas medidas é considerado pouco efetivo pelos cientistas. Foi estabelecida a meta de redução de 18% de emissões de gases do efeito estufa em relação às taxas de 1990, mas apenas 36 países aderiram ao acordo. O Brasil foi um deles. No entanto, Estados Unidos, o segundo país com maior emissão de gás carbônico do mundo (o primeiro é a China), Canadá, Japão, Rússia e Nova Zelândia não estão participando desse segundo período.

Visando novamente tentar reforçar a necessidade de redução de gases do efeito estufa, foi realizada em 2015 em Paris, na França, a 21ª Conferência das Partes (COP21), em que se firmou o que ficou conhecido como o **Acordo de Paris**. Nesse acordo, assinado por 195 países, o objetivo foi não deixar que o aumento da temperatura mundial ultrapasse os 2 °C em relação aos níveis pré-Revolução Industrial. Esse é o aumento máximo considerado pelos cientistas para evitar consequências desastrosas para o planeta. China e Estados Unidos, que são os maiores poluidores do mundo, assinaram inicialmente o acordo, mas em 2018 o novo governo estadunidense resolveu se retirar. Ao contrário do Protocolo de Kyoto, que é mais voltado aos países desenvolvidos, todos os signatários do Acordo de Paris devem apresentar planos de diminuição de gases de efeito estufa. Assim, cada governo ficou responsável por elaborar seus próprios compromissos seguindo o que considera viável com base nos cenários social e econômico locais. Esses compromissos foram chamados de Contribuições Pretendidas Nacionalmente Determinadas (do inglês *Intended Nationally Determined Contributions* – INDC).

O Brasil concluiu, em 12 de setembro de 2016, o processo de ratificação do Acordo de Paris, estabelecendo as metas brasileiras, que deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais. Agora, portanto, a sigla perdeu a letra "i" (do inglês, *intended*) e passou a ser chamada apenas de NDC, ou seja, Contribuições Nacionalmente Determinadas.

As NDC do Brasil têm como comprometimento a redução, até 2025, das emissões de gases de efeito estufa em 37% e de 43% até 2030, reduzindo os níveis verificados em 2005. Para isso, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável, energia renovável produzida a partir de materiais derivados de fontes biológicas, como o biocombustível – etanol e biodiesel – e a biomassa, na sua matriz energética, para aproximadamente 18% até 2030, além de restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas.

Entre 25 e 27 de setembro de 2015, em outra reunião na sede da ONU em Nova York com os 193 Estados-membros, foi estabelecida a **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nessa agenda são apresentados conjuntos de programas, ações e diretrizes que orientarão os trabalhos das Nações Unidas e de seus países-membros rumo ao desenvolvimento sustentável até o ano de 2030.

O desenvolvimento sustentável passa pelo consumo consciente, que a cada dia vem sendo mais valorizado. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, todo consumo causa impacto (positivo ou negativo) na economia, nas relações sociais, na natureza e nas pessoas. As pessoas, ao tomarem consciência desses impactos na hora de escolher o que comprar e de quem comprar e definirem a maneira de usar e como descartar o que não serve mais, podem maximizar os impactos positivos e minimizar os negativos. Dessa forma, contribuem com seu poder de escolha para construir um mundo melhor.

Em 2009, um grupo de cientistas propôs o conceito de **limites planetários** ou fronteiras planetárias, em que a ideia principal é delimitar o que seria um "espaço operacional seguro" para desenvolver a humanidade respeitando o funcionamento do planeta. Esse espaço seguro define faixas de variação seguras ou limites seguros em uma série de processos planetários que, se ultrapassados, poderiam acarretar mudanças catastróficas globais.

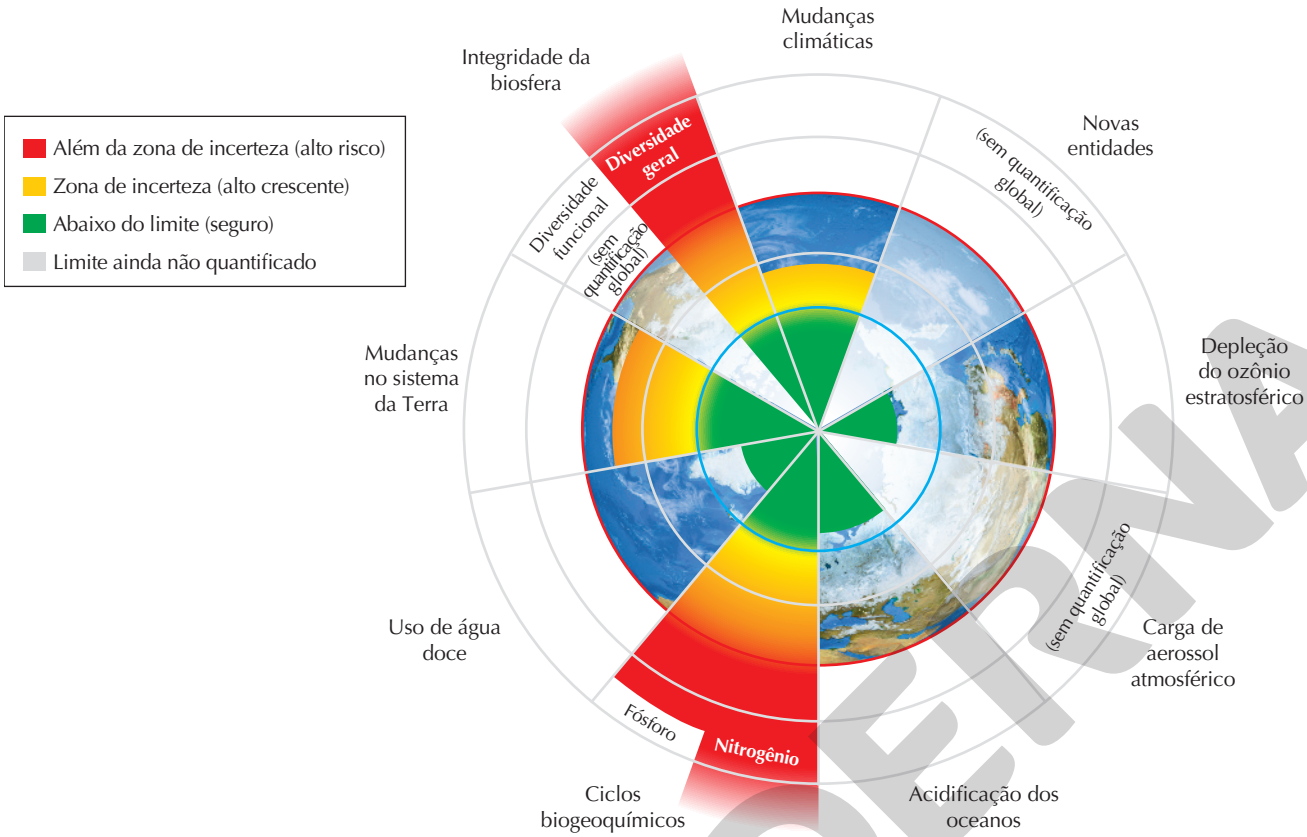
Esse grupo listou, em 2015, nove fronteiras planetárias cujos limites deveriam ser considerados ao se propor o desenvolvimento sustentável:

- mudanças climáticas;
- acidificação dos oceanos;
- depleção da camada de ozônio estratosférico;
- ciclos biogeoquímicos (fósforo e nitrogênio);
- aerossóis atmosféricos;
- uso de água potável;
- mudanças no uso dos solos;
- integridade da biosfera;
- novas entidades a serem definidas.

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

EDITORIA

As alterações nos ciclos biogeoquímicos (fósforo e, especialmente, nitrogênio) e na diversidade geral já se encontram além da faixa de incerteza, ou seja, apresentam alto risco de se tornarem irreversíveis (**Fig. 1.24**).



NELSON MATSUDA

Fonte: SILVA, C. M.; ARBILLA, G. Antropoceno: os desafios de um Novo Mundo. *Revista Virtual de Química*, v. 10, p. 1619-1647, 2018.

Figura 1.24 Representação esquemática dos limites planetários (LP) em 2015. Os setores representam os nove LP´s e os círculos azul e vermelho representam os limites superiores da faixa segura e da faixa de incerteza, respectivamente.

Esses limites estabelecidos não são os valores críticos além dos quais as mudanças são irreversíveis, mas estão a uma distância segura que permite que medidas administrativas sejam tomadas a tempo.

Conservação biológica

Quanto mais se expandem as populações humanas e quanto mais avança a tecnologia, mais tensas ficam as relações humanas com a natureza. Com mais pessoas para sustentar e com tecnologias que demandam cada vez mais matérias-primas, aumenta a necessidade de exploração dos recursos naturais e, portanto, amplificam-se as ações que alteram a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. Essas ações incluem a destruição de hábitats, a introdução de espécies exóticas e o uso não sustentável dos recursos existentes, resultando na perda de espécies com redução da biodiversidade.

A **Biologia da Conservação** é uma área que integra conhecimentos da Ecologia propriamente dita, da Fisiologia, da Genética, da Biologia Molecular e da Biologia Evolutiva com o propósito de conservar a diversidade biológica em seus três níveis: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas.

A **diversidade genética** refere-se não só à variação genética dentro das populações, um dos quesitos importantes para a evolução das espécies, mas também entre populações das diferentes espécies. A redução dela afeta o ser humano, pois a eliminação de variedades genéticas de certas espécies pode contribuir para a perda de importantes recursos que poderiam ser usados para aumentar a produção e a qualidade das culturas. Por exemplo, em resposta a surtos de um vírus que atacou plantações de arroz pelo mundo, agrônomos pesquisaram os genes de indivíduos de 7 mil populações de arroz (*Oryza sativa*) e de espécies aparentadas em busca de alguma resistência a ele. Uma única população selvagem (*Oryza nivara*), encontrada na Índia, era resistente ao vírus. Então, os cientistas incorporaram essa característica genética a variedades comerciais de arroz, que passaram a resistir ao vírus, salvando a produção.

A **diversidade de espécies**, por sua vez, pode ser afetada em nível local, regional ou global. Uma espécie é considerada extinta quando desaparece de todos os ecossistemas em que ocorria naturalmente antes. Seja em que nível for, a extinção de espécies pode afetar profundamente outras espécies da mesma comunidade, por conta da alteração das interações biológicas de que

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

MODERNA

muitas delas dependem para sobreviver. É o que ocorre quando espécies que são presas ou predadores são eliminadas, ou quando espécies de plantas perdem seus polinizadores e dispersores de sementes, reduzindo assim seu próprio sucesso reprodutivo.

A **diversidade de ecossistemas** diz respeito à variação entre os ecossistemas. A redução desse tipo de diversidade relaciona-se com a extinção ou a modificação de comunidades biológicas inteiras. É o que vemos no Brasil, onde diversos ecossistemas de Cerrado caracterizados por diferentes comunidades vêm sendo contínua e rapidamente convertidos em ecossistemas agrícolas de baixíssima diversidade de espécies, principalmente de plantações de soja, cana-de-açúcar e algodão.

A perda de ecossistemas implica perda dos chamados **serviços ecossistêmicos**, isto é, os processos ecológicos pelos quais os ecossistemas ajudam a sustentar os seres humanos. Incluem-se aí a purificação do ar, mantendo estável sua composição; a degradação biológica de resíduos diversos em ambientes terrestres e aquáticos (como vemos acontecer nos rios após um ponto de descarga de esgotos, por exemplo); o controle natural de pragas por meio de organismos vivos, a polinização das espécies naturais e cultivadas e muitos outros. Uma das metas da conservação biológica é a manutenção desses serviços ao longo do tempo e de modo sustentável.

Unidades de conservação

Um dos recursos utilizados pelo ser humano para a proteção e a manutenção da biodiversidade em seus três níveis é a criação de áreas chamadas **unidades de conservação** (UC).

No Brasil, todas as unidades de conservação são cadastradas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). De acordo com o SNUC, uma unidade de conservação consiste em um "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e [com] limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção".

Atualmente, o SNUC inclui 12 tipos de áreas protegidas, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e aos usos permitidos: há aquelas que precisam de mais cuidados, por sua fragilidade e suas particularidades (proteção integral), e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo.

A tabela a seguir (**Tab. 1.6**) apresenta as disposições legais quanto ao uso de cada um dos 12 tipos de UC, de acordo com o SNUC.

Tabela 1.6 Tipos de unidades de conservação e suas características

	Categoria de unidade de conservação	Composição*	População residente	Visitação pública	Pesquisa científica
Proteção integral	Estação Ecológica	Área pública	Não permitida	Não permitida, exceto por motivos educacionais	Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições
	Reserva Biológica				
	Parque Nacional				
	Monumento Natural	Área pública e/ou privada	Permitida	Permitida sob normas e restrições	
	Refúgio de Vida Silvestre				
Uso sustentável	Área de Proteção Ambiental (APA)	Área pública e/ou privada	Permitida	Permitida sob condições preestabelecidas	Permitida sob condições preestabelecidas
	Área de Relevante Interesse Ecológico				Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições
	Floresta Nacional	Área pública	Não permitida (exceto comunidades tradicionais)		Permitida e incentivada com autorização prévia e sob normas e restrições
	Reserva Extrativista				
	Reserva de Fauna		Não permitida		Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável		Não permitida (exceto comunidades tradicionais)	Permitida e incentivada sob condições preestabelecidas	Permitida e incentivada com autorização prévia e sob normas e restrições
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Área privada	Permitida	Permitida sob condições preestabelecidas	Permitida sob condições preestabelecidas

*UCs com domínio exclusivamente público, dependendo de sua categoria, permitirão a permanência de comunidades tradicionais em seu interior após seu reconhecimento.

Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO. *Unidade de conservação*. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/tab_ucs_1344528072.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

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

MODERNA

Além das UCs também há categorias de áreas atribuídas a certos grupos sociais e que de alguma forma podem apresentar-se com menor taxa de degradação especialmente pelas atividades agropecuárias extensivas: são as terras indígenas e quilombolas, os assentamentos rurais e as áreas militares.

Em abril de 2017, segundo dados do Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (Gite) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), existiam no Brasil 12.184 áreas legalmente atribuídas para UC, terras indígenas, assentamentos de reforma agrária, quilombolas e áreas militares, ocupando um total de 315.924.844 ha, retiradas as sobreposições.

O processo de atribuição de áreas traz consigo um imenso desafio de gestão territorial e fundiária, uma vez que deve contar com infraestrutura de pessoal e equipamentos, com custo muito alto. As pressões pela ocupação de terras atribuídas para outros fins são enormes, como se pode observar pelo que vem acontecendo desde 2019 no tocante à exploração da Amazônia.

Segundo a Embrapa, os maiores exemplos da enorme redução de área passível de uso, sem submissão a uma série de restrições e normas de controle, estão na Amazônia. No estado do Amapá, 71% do seu território está legalmente atribuído pelos governos federal e estadual. Resta aos gestores locais a administração de 29% do território estadual, considerando que nas áreas rurais a exigência de reserva legal é de 80% (Bioma Amazônia), em decorrência do Código Florestal, restando na prática algo como 6% do estado fora dessas exigências. Para assegurar a proteção nas UCs, a legislação ambiental brasileira ainda define no seu entorno externo uma **zona de amortecimento** onde as atividades agrícolas (e outras) são limitadas (proibição de transgênicos, de pulverizar com aviação agrícola etc.). Essas zonas de amortecimento acrescentam entre 1% e 9% do território nacional ao percentual de terras cujo uso é de algum modo restrito.

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Enem) Um dos grandes problemas das regiões urbanas é o acúmulo de lixo sólido e sua disposição. Há vários processos para a disposição do lixo, dentre eles o aterro sanitário, o depósito a céu aberto e a incineração. Cada um deles apresenta vantagens e desvantagens.

Considere as seguintes vantagens de métodos de disposição do lixo:

I. diminuição do contato humano direto com o lixo;
II. produção de adubo para agricultura;
III. baixo custo operacional do processo;
IV. redução do volume de lixo.

A relação correta entre cada um dos processos para a disposição do lixo e as vantagens apontadas é:

	Aterro sanitário	Depósito a céu aberto	Incineração
a)	I	II	I
b)	I	III	IV
c)	II	IV	I
d)	II	I	IV
e)	III	II	I

2. (UEM-PR) O filme *Rio* conta a história de Blu, o último espécime macho de ararinha-azul (apesar de na sinopse do filme constar arara-azul), que foi contrabandeado para os EUA, onde se torna bastante domesticado. Sobre esse assunto, é correto afirmar que

(01) a retirada de uma espécie de seu ambiente de origem e a sua introdução em outro é recomendada para que possa garantir a manutenção da biodiversidade.

(02) a eliminação de espécies silvestres é bastante danosa, pois desestabiliza as cadeias alimentares, diminui a biodiversidade e reduz o banco genético do planeta.

(04) a ararinha-azul já foi declarada oficialmente extinta pelo Ibama.

(08) a fim de recuperar a diversidade biológica, seria adequado acasalar Blu com uma fêmea de outra espécie.

(16) ações antrópicas, como a introdução de espécies e a extinção de espécies, causam grande desequilíbrio ambiental.

3. Leia o trecho que se segue e responda às questões.

Em estudo feito pelo Tribunal de Contas do Estado de São Paulo (TCE-SP) com 163 municípios foi visto que 38 deles possuem lixões como forma de descarte de resíduos. As pessoas utilizam esse local para depositar itens que não querem mais, sem nenhum tipo de seleção ou proteção para o

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

MODERNA

solo e que podem causar problemas de saúde nos seres humanos. A maior parte dos lixões é aberta e não possui restrição de entrada. "As pessoas podem entrar e atear fogo em compostos com cloro, que podem gerar dioxinas e furanos, que são componentes carcinogênicos. Esses compostos podem ser carregados por grãos de poeira que param em gramas que servem de alimentação para a vaca e que vão para o leite e a carne que o ser humano consome", diz Ednilson Viana, professor de Gestão Ambiental da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da USP. Outro risco é que os resíduos expostos causam proliferação de animais que podem causar doenças. [...]

Fonte: BRITO, C. Municípios de São Paulo ainda utilizam lixões para descartar resíduos. *Jornal da USP*, 21 nov. 2016. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/municipios-de-sao-paulo-ainda-utilizam-lixoes-para-descartar-residuos/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

O texto mostra alguns problemas dos lixões a céu aberto.

a) Quais são os principais problemas causados pelos lixões mencionados no texto?
b) Quais são as alternativas para disposição do lixo em substituição aos lixões? Descreva cada uma.
c) Uma política ecológica para atenuar os problemas com o lixo é a chamada política dos 7 Rs. O que você sabe sobre ela?

4. Leia o texto a seguir e responda às questões.

[...] O garimpo ilegal é o principal responsável pela destruição: entre agosto de 2018 e agosto de 2019, a atividade consumiu nada menos que 10,71 km² de floresta. O garimpo espalha lama contaminada por dezenas de aldeias, situadas em três dos principais rios da terra indígena. Além da imensidão de floresta derrubada, os rios, fonte de vida para os indígenas, também são vítimas. No sobrevoo, constatamos que o Rio Kaburuá teve seu leito completamente drenado para o garimpo e está destruído da cabeceira à foz. O Rio Kaburuá é um rio morto. [...]

Fonte: GREENPEACE BRASIL. *A tragédia dos Munduruku.* 30 set. 2019. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/a-tragedia-dos-munduruku/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

a) A qual poluente o texto se refere?
b) Como esse poluente chega aos povos indígenas?
c) Quais são os riscos desse poluente à saúde? Como é feita a sua detecção?

5. Em agosto de 2019, mais de 3 mil quilômetros da costa brasileira foram atingidos por manchas de petróleo cru, com alta concentração de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), substâncias altamente tóxicas, em um curto período. O mapa a seguir destaca os locais que foram atingidos na maior tragédia ambiental nacional por derramamento de petróleo.

Manchas de óleo em praias do Norte e Nordeste (2019)

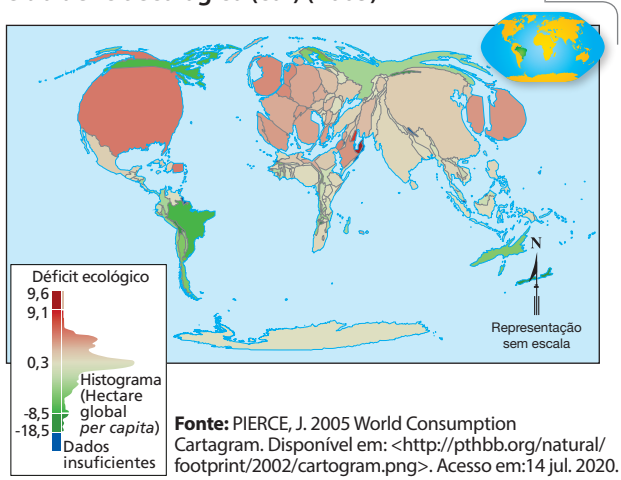
FERNANDO JOSÉ FERREIRA

Fonte: SEMAR monitora praias atingidas por manchas de óleo no Piauí e faz alerta a banhistas. *G1*, 10 out. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2019/10/10/semar-monitora-praias-atingidas-por-manchas-de-oleo-no-piaui-e-faz-alerta-a-banhistas.ghtml>. Acesso em: 14 jul. 2020.

Com base no mapa, quais são os impactos socioambientais causados pela poluição por petróleo nessas regiões?

6. Os padrões de produção e consumo das sociedades contemporâneas têm colocado a preservação ambiental constantemente em risco. Por isso, modelos com o intuito de relacionar a sustentação das populações humanas com o consumo de recursos naturais vêm sendo desenvolvidos. Um deles é a pegada ecológica, que estima, geralmente por país, a área total de terras, mares e rios (a biocapacidade) que seria demandada para abastecer os habitantes com os recursos necessários. Quando o valor da pegada ecológica supera a biocapacidade, diz-se que há um déficit ecológico, ou seja, os recursos necessários para abastecer a população humana superam a capacidade do país em produzi-los.

Mapa temático do consumo da biocapacidade (pegada, representada pela área de cada país) e do déficit ecológico (cor) (2005)



FERNANDO JOSÉ FERREIRA

Fonte: PIERCE, J. 2005 World Consumption Cartagram. Disponível em: <http://pthbb.org/natural/footprint/2002/cartogram.png>. Acesso em:14 jul. 2020.

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

PROVA

Com base no mapa e no texto, conclui-se que:

a) os países representados pelas tonalidades de bege são, por definição, os maiores poluidores do planeta, já que o déficit ecológico mede, indiretamente, o grau de poluição.

b) os países que apresentam altos valores de consumo de biocapacidade e déficit ecológico são, de modo geral, os países mais desenvolvidos do mundo.

c) os países representados por extensões territoriais pequenas são aqueles nos quais a pegada ecológica é menor que a biocapacidade, pois a produção é alta e supre as demandas nacionais.

d) os países representados pelas tonalidades esverdeadas têm uma pegada ecológica menor que a biocapacidade porque aplicam o desenvolvimento sustentável.

e) os países menos desenvolvidos costumam ter um consumo de biocapacidade baixo e, no entanto, altos valores de déficit ecológico.

7. […] Espécies ameaçadas são aquelas cujas populações e hábitats estão desaparecendo rapidamente, de forma a colocá-las em risco de tornarem-se extintas. A conservação dos ecossistemas naturais, sua flora, fauna e os microrganismos garante a sustentabilidade dos recursos naturais e permite a manutenção de vários serviços essenciais à manutenção da biodiversidade, por exemplo: a polinização; reciclagem de nutrientes; fixação de nitrogênio no solo; dispersão de propágulos e sementes; purificação da água e o controle biológico de populações de plantas, animais, insetos e microrganismos, entre outros. Esses serviços garantem o bem-estar das populações humanas e raramente são valorados economicamente. […]

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Homem é o principal agente no processo de extinção de espécies. *EBC,* 16 mar. 2015. Disponível em: <https://www.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2015/03/homem-e-principal-agente-no-processo-de-extincao-de-animais>. Acesso em: 14 jul. 2020.

Com base no texto, podemos concluir que:

a) os serviços mencionados, por não serem valorados economicamente, não vão afetar a economia humana caso sejam comprometidos.

b) a conservação não deve limitar-se aos recursos diretamente explorados e facilmente valorados economicamente, pois mesmo aquilo que não é alvo de interesses econômicos imediatos tem importância para o bem-estar humano.

c) o bem-estar das populações deve ser dependente do consumo e exploração dos recursos naturais, ainda que isso leve à extinção de espécies da fauna e flora.

d) a extinção de espécies que não são de interesse econômico não deve afetar as espécies mais procuradas e exploradas pelo ser humano.

e) o aumento de organismos na lista de espécies ameaçadas reflete a insustentabilidade da própria natureza, por não conseguir manter seu equilíbrio ecológico natural.

8. (Fuvest-SP) A presença de mercúrio foi analisada em populações humanas ribeirinhas e em três espécies A, B e C de animais de um rio da região amazônica, todos fazendo parte de uma mesma teia alimentar. A tabela mostra os resultados obtidos.

Amostras	Concentração média de mercúrio (microgramas/g)
Cabelos de seres humanos	19,1
Tecidos de animais da espécie A	8,3
Tecidos de animais da espécie B	0,7
Tecidos de animais da espécie C	0,01

a) [Reproduza no caderno o esquema a seguir e] distribua os seres humanos e os animais das espécies A, B e C, de modo a representar corretamente a teia alimentar.

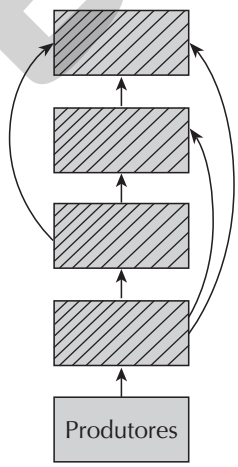


ILUSTRAÇÃO: HERBERT TSUJI

b) Não está ainda esclarecido se o mercúrio presente no rio pode prejudicar a saúde das populações ribeirinhas. Como precaução, pensou-se em recomendar que as pessoas deixassem de comer peixe. Sabendo-se que peixe e mandioca (aipim) são os alimentos básicos dessas populações, a retirada do peixe da alimentação pode provocar desnutrição? Por quê?

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODERNA

TEMA 2

Materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6; 7; 10

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT203; EM13CNT301; EM13CNT307; EM13CNT309

Fique por dentro

O terceiro templo: os conflitos árabe-israelenses e os choques do petróleo
SANT'ANNA, I. Rio de Janeiro: Objetiva, 2015.

No livro você pode saber mais sobre a guerra do Yom Kippur (o Dia do Perdão, entre os judeus) e sua associação com a crise do petróleo de 1973, que culminou no lançamento do Proálcool no Brasil.

Indústria de reciclagem de óleo de cozinha
Reportagem do canal Pequenas Empresas Grandes Negócios de 1º de novembro de 2015, apresenta um empreendimento de reciclagem de óleos vegetais. E você, já pensou em empreender? Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/4794304/>.

Motor de combustão interna
Videoaula do Instituto Federal de Pernambuco sobre motores a combustão interna do ciclo Otto (quatro tempos) utilizando um protótipo transparente. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=u_BmrnO8VQY>.

Acessos em: 10 jul. 2020.

Estamos vivendo uma transição do modelo econômico linear, baseado em extrair, transformar, utilizar e descartar, para o **modelo econômico circular**, em que os materiais são reincorporados à cadeia de produção: o que antes era resíduo passa a ser considerado recurso. O reúso, a reciclagem e o aproveitamento de resíduos da produção de biomassa para obtenção de energia elétrica, como o caso do bagaço da cana-de-açúcar que sobra na cadeia produtiva do etanol combustível, se encaixam nesse contexto. Aqui consideramos **biomassa** qualquer matéria orgânica de origem vegetal ou animal não fossilizada, cuja energia química possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica.

Dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável e em consonância com a economia circular, na década de 1990, um novo direcionamento na questão da redução do impacto ao ambiente da atividade química começou a surgir e ficou conhecido como **Química Verde**. Os princípios dessa área do conhecimento podem ser resumidos em três categorias:

- uso de fontes renováveis ou recicladas de matéria-prima;
- economia de recursos, pela geração de menor quantidade de resíduo e pelo aumento da eficiência energética dos processos;
- redução do uso de substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas.

Em consequência, observa-se um crescente interesse no desenvolvimento e uso de materiais renováveis, recicláveis e biodegradáveis, assunto deste Tema.

Biocombustíveis

Biocombustíveis são derivados de biomassa usados como alternativa aos combustíveis fósseis em processos de obtenção de energia, seja em motores a combustão seja em usinas. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (em inglês, *International Energy Agency* – IEA), a produção global de biocombustíveis, em 2018, foi de 154 milhões de litros, o que corresponde a cerca de $\frac{1}{10}$ do suprimento de energia mundial.

A introdução dos biocombustíveis na matriz energética brasileira teve início com o etanol, a partir do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), em 1975, como resposta à crise do petróleo de 1973 (**Fig. 2.1**). Em 2004, foi introduzido o biodiesel. No Brasil, o etanol é obtido da sacarose da cana-de-açúcar e o biodiesel, principalmente do óleo de soja. Embora o uso dos biocombustíveis tenha potencial para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, existe um receio de que venha a provocar a falta, e o consequente aumento do preço, de produtos agroalimentícios por exigir grandes áreas de cultivo dedicadas à monocultura; sem contar o impacto ambiental causado pelo próprio estabelecimento dessas áreas de cultivo.

VIDAL/AGÊNCIA O GLOBO

Figura 2.1 O automóvel mostrado na imagem foi o primeiro carro com motor movido a etanol lançado no mercado (Rio de Janeiro, RJ, 1976).

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

MODERNA

Etanol, um biocombustível da classe dos álcoois

Na indústria, a cana-de-açúcar passa por processos de lavagem, trituração e moagem para a obtenção do caldo de cana, que, em seguida, é filtrado para separá-lo dos resíduos. Ao caldo filtrado adicionam-se leveduras (principalmente da espécie *Saccharomyces cerevisiae*), microrganismos que transformam os glicídios presentes no caldo de cana, como a sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) em glicose ($C_6H_{12}O_6$) e, depois, em etanol (C_2H_6O) e dióxido de carbono (CO_2). Esse último processo é conhecido como **fermentação alcoólica**. A mistura que contém etanol passa, então, por destilação fracionada para separar o **etanol hidratado**. Este pode ser utilizado nos carros bicombustíveis, ou seja, nos carros com motores que funcionam com gasolina ou etanol. O etanol hidratado pode passar pelo processo de desidratação para retirar água (H_2O) e produzir o **etanol anidro**, utilizado na mistura da gasolina comum. O processo de secagem tem sido realizado principalmente pelo emprego de **zeólitas** – sólidos cujo diâmetro dos poros é compatível com o tamanho da molécula de água, mas não com a molécula do etanol (**Fig. 2.2**).

Além da cana-de-açúcar, o etanol pode ser produzido com base em outras fontes ricas em glicídios, por exemplo, milho e beterraba. Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol. Em primeiro lugar estão os Estados Unidos, onde a principal fonte é o milho, que fornece menor volume de etanol por unidade de área cultivada.

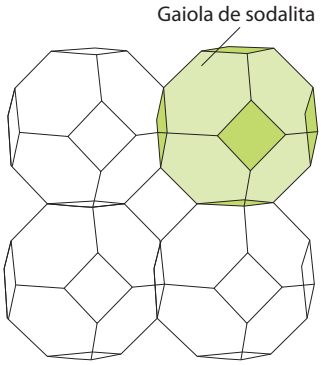


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Fonte consultada: Kosinov, N. *et al.* Engineering of Transition Metal Catalysts Confined in Zeolites. *Chem. Mater,* v. 30, n. 10, p. 3177-3198, 2018.

Figura 2.2 Representação esquemática da estrutura cristalina de uma zeólita do tipo sodalita. Conhecidas também como peneiras moleculares, elas têm, em sua composição, silício e alumínio ligados a oxigênio. Cada vértice corresponde a um átomo de silício ou alumínio, enquanto cada aresta é um átomo de oxigênio. O poro da sodalita é de, aproximadamente, 0,28 nm. A estrutura destacada em verde se repete tridimensionalmente nesse tipo de zeólita. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Metanol

Além do etanol, outro tipo de álcool de grande importância econômica e industrial é o metanol (CH_4O). Ele também é conhecido como "álcool de madeira" porque originalmente era produzido da **destilação seca da madeira**. Atualmente, o metanol pode ser produzido a partir do gás de síntese, uma mistura formada principalmente por monóxido de carbono (CO) e gás hidrogênio (H_2) que pode ser obtida do gás metano (CH_4) proveniente de várias fontes, como a decomposição anaeróbica da matéria orgânica, cujo produto na fase gasosa é denominado biogás. O **gás de síntese** é convertido em metanol ao ser submetido a altas temperaturas na presença de catalisadores. O processo é representado de forma simplificada a seguir.

$$CH_4(g) + H_2O(l) \longrightarrow CO(g) + 3\,H_2(g)$$

$$CO(g) + 2\,H_2(g) \longrightarrow CH_4O(g)$$

O metanol é bastante utilizado como solvente na indústria e como matéria-prima na produção de biodiesel. O metanol é uma substância inflamável altamente tóxica, que queima com uma chama incolor, com menor poder calorífico que o etanol. Por esse motivo, ele não é adequado como combustível.

Poder calorífico de um combustível é a quantidade de energia liberada, na forma de calor, por unidade de massa do combustível queimado. Ele pode ser medido em $kJ\ kg^{-1}$ ou $kcal\ kg^{-1}$.

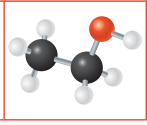
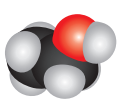
Reconhecendo os álcoois

Para complementar a comparação entre o etanol e o metanol, sugerimos como atividade extra a análise das Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) dessas substâncias.

De maneira geral, as substâncias orgânicas são classificadas de acordo com sua estrutura e composição em diferentes funções químicas. Os grupos de átomos que nos permitem diferenciar uma classe de substâncias de outra são chamados grupos funcionais. Moléculas como as do etanol e do metanol apresentam uma parte em comum, denominada **grupo hidroxila** (— OH), que os coloca na classe funcional dos álcoois. De forma simplificada, podemos representar a função orgânica álcool como R — OH, em que R representa uma cadeia carbônica ligada ao grupo funcional — OH por um átomo de carbono que faz apenas ligações covalentes simples.

Observe na **Tabela 2.1** diferentes formas de representação de moléculas orgânicas utilizando o etanol como exemplo. Usamos as **fórmulas estruturais** quando queremos enfatizar a conectividade dos átomos, o que é quase sempre

Tabela 2.1 Algumas formas possíveis de representar o etanol

Fórmulas estruturais planas condensada e parcialmente condensada	Fórmula de linha ou traço de ligação	Modelo de esferas e bastões	Modelo de espaço preenchido
CH_3CH_2OH $H_3C — CH_2 — OH$	OH		

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

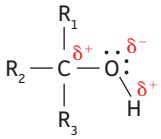
determinado experimentalmente. Nas versões **condensadas**, omitimos algumas ou todas as ligações covalentes, que são comumente representadas por traços (—), e usamos subscritos para indicar a quantidade de grupos idênticos sequencialmente ligados nas moléculas; por exemplo, quando há dois grupos CH_2 consecutivos, representamos por $(CH_2)_2$. Nas **fórmulas de traço de ligação**, enfatizamos o esqueleto carbônico e a presença de átomos diferentes de C e de H diretamente ligados a eles. Para obter a fórmula molecular do composto a partir desse tipo de fórmula estrutural, basta ter em mente que o carbono é tetravalente, ou seja, compartilha quatro pares de elétrons por meio de ligações covalentes, enquanto o hidrogênio é monovalente. Nos **modelos de esferas e bastões**, o objetivo é dar uma ideia da disposição espacial dos átomos nas moléculas reais. Os modelos de esfera e bastões permitem avaliar, além dos ângulos de ligação, proporções de comprimento da ligação química e de tamanho dos átomos. Nos **modelos de espaço preenchido**, destaca-se o volume ocupado pelos átomos individuais em detrimento das ligações químicas. Eles são úteis quando se deseja ter uma ideia da forma tridimensional geral da molécula.

Comente que o teor de etanol presente na gasolina é definido com base em questões de ordem tecnológica (relativa aos motores) e econômica.

Relações estrutura-propriedade

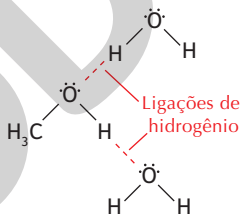
O etanol anidro pode ser utilizado como combustível misturado ou não à gasolina automotiva, mais especificamente a do tipo C, entre 18% e 27% (em volume), segundo a legislação vigente em 2020. Vamos analisar a solubilidade de alguns álcoois em água e em hexano (C_6H_{14}), um composto com características físico-químicas próximas às da gasolina (**Tab. 2.2**).

A solubilidade de álcoois em solventes polares como a água e apolares como o hexano pode ser entendida em termos da presença do grupo hidroxila (—OH) e do tamanho da cadeia carbônica. O grupo hidroxila é polar, enquanto a cadeia carbônica é apolar. Assim, quanto maior a cadeia carbônica da molécula, maior é a afinidade da substância por solventes apolares. Isso explica, por exemplo, a diferença de comportamento do metanol e do hexan-1-ol.



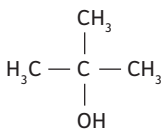
Os símbolos R_1, R_2 e R_3 representam cadeias carbônicas ou átomos de hidrogênio e os símbolos δ^+ e δ^-, cargas parciais. As cargas parciais resultam das diferenças de eletronegatividade dos átomos, os quais compartilham o par de elétrons da ligação covalente de forma assimétrica ou desigual.

O grupo hidroxila estabelece com a água, predominantemente, interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio, enquanto a cadeia carbônica interage com o hexano por forças dispersivas de London. Uma **interação intermolecular** significa que as moléculas se atraem ou se repelem eletricamente, sem que ocorra o rompimento ou a formação de novas ligações químicas. As **ligações de hidrogênio** são as mais intensas, enquanto as **forças dispersivas de London** (dipolo instantâneo-dipolo induzido) são as menos intensas entre as interações intermoleculares. A título de comparação, enquanto a energia de uma ligação química covalente é, em média, 100 kcal mol^{-1}, as ligações de hidrogênio têm intensidades cerca de dez vezes menores.



Representação esquemática das ligações de hidrogênio (linhas tracejadas vermelhas) formadas entre o metanol e a água.
A ligação de hidrogênio é a interação entre o átomo de hidrogênio ligado covalentemente a um átomo dos três elementos mais eletronegativos (F, O ou N) de uma molécula e o par eletrônico não ligante do átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio de outra molécula.

Tabela 2.2 Solubilidade de alguns álcoois em água e em hexano a 20 °C

Nome	Fórmula estrutural plana	$S_{água}$ (g de álcool/100 g de água)	S_{hexano} (g de álcool/100 g de hexano)
Metanol	$H_3C — OH$	Ilimitada	3,8
Etanol	$H_3C — CH_2 — OH$	Ilimitada	Ilimitada
Butan-1-ol	$H_3C — (CH_2)_3 — OH$	7,9	Ilimitada
2-metilpropan-2-ol		Ilimitada	Ilimitada
Hexan-1-ol	$H_3C — (CH_2)_5 — OH$	0,6	Ilimitada

Fonte consultada: MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.

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

MODERNA

Compare a estrutura e a solubilidade em água do butan-1-ol e do 2-metilpropan-2-ol, apresentados na **Tabela 2.2**. Essas substâncias apresentam os mesmos tipos e quantidades de átomos, os quais, no entanto, se encontram organizados de maneira distinta. Como a superfície de interação entre as moléculas de cadeia carbônica mais estendida do butan-1-ol (**Fig. 2.3 A**) é maior que nas moléculas de cadeia carbônica mais compacta do 2-metilpropan-2-ol (**Fig. 2.3 B**), no butan-1-ol a intensidade das forças dispersivas de London é maior, desfavorecendo a interação com a água.

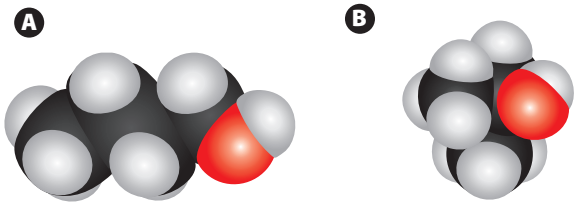


Figura 2.3 Modelos de espaço preenchido das moléculas de (**A**) butan-1-ol, também conhecido como álcool *n*-butílico, e de (**B**) 2-metilpropan-2-ol, também conhecido como álcool *t*-butílico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Nomenclatura

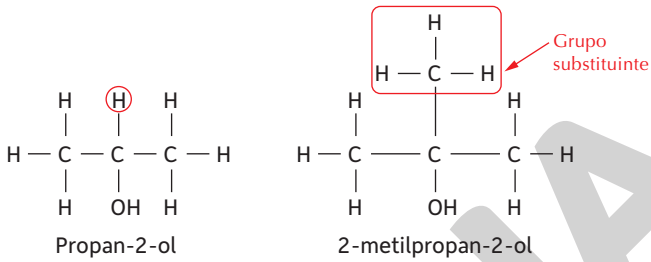
Se julgar conveniente, apresente o termo **isomeria** neste momento.

Podemos identificar se certa substância é um álcool por meio do nome dessa substância, pois a nomenclatura sistemática segue regras estabelecidas pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (em inglês, *International Union of Pure and Applied Chemistry* – IUPAC). De forma geral, os nomes sistemáticos apresentam a seguinte sintaxe:

Prefixo	Infixo	Sufixo
Número de átomos de carbono na molécula. No caso de dois átomos de carbono: "et"	Tipo de ligação entre os átomos de carbono. Quando só há ligações simples: "an". Se houver ligação dupla: "en"; e ligação tripla: "in".	Identificador da função orgânica. No caso dos álcoois: "ol"

Para compostos orgânicos saturados, ou seja, contendo apenas ligações simples, de cadeia aberta e não ramificada (cadeia linear), como é o caso dos exemplos da **Tabela 2.2**, exceto o 2-metilpropan-2-ol, o primeiro passo é contar o número de átomos de carbono e, em seguida, consultar a tabela "Nomenclatura de compostos orgânicos: prefixos", apresentada ao final deste Volume. Muitas vezes, é necessário numerar os átomos de carbono para que se saiba a localização do grupo hidroxila. Volte à **Tabela 2.2** e compare as fórmulas e os nomes das substâncias. Você deve ter percebido que a numeração se inicia pelo átomo de carbono da extremidade mais próxima ao grupo funcional. Você também deve ter notado que no caso do metanol e do etanol um localizador não foi informado. Isso porque não há outra possibilidade que não seja o carbono 1, ao contrário dos outros casos, como, por exemplo, uma substância chamada butan-2-ol.

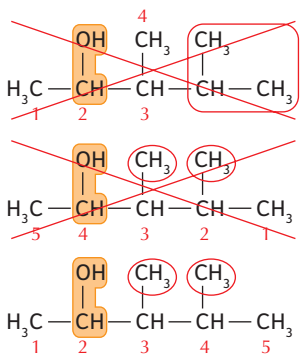
Em algumas substâncias, como é o caso do 2-metilpropan-2-ol, observamos que um ou mais átomos de hidrogênio da cadeia carbônica são substituídos por grupos de átomos, por exemplo, — CH_3. Quando há um ou mais **grupos substituintes**, dizemos que a cadeia é ramificada. Nessa situação, precisamos definir a cadeia carbônica principal, ou seja, a cadeia carbônica mais longa à qual se liga o grupo funcional, antes de começar a nomear a substância. Nos compostos de cadeia ramificada, a numeração indica também a posição do substituinte ligado à cadeia principal.



Os grupos substituintes mais simples são identificados apenas por um prefixo e por um sufixo, no caso "il", conforme a tabela "Nomenclatura de compostos orgânicos: grupos substituintes", apresentada ao final deste Volume. Se houver duas ou mais possibilidades de cadeia carbônica principal, deve ser escolhida e numerada aquela que contém a maior quantidade possível de substituintes. Quando há mais de um grupo substituinte, seus nomes são dispostos em ordem alfabética, cada um com seu localizador; se eles são iguais, acrescentam-se os prefixos multiplicadores "di", "tri" etc. Se os grupos substituintes estiverem ligados ao mesmo átomo de carbono, é necessário repetir o localizador. Exemplo: 3,3-dimetiloctan-1-ol. Note que os números são separados entre si por vírgulas e são separados das letras por hifens. Os multiplicadores também são usados quando há mais de um grupo funcional por molécula. Exemplo: propano-1,2-diol.

Vamos analisar a atribuição de nome a um álcool passo a passo.

- Localiza-se o grupo funcional (hidroxila) na fórmula estrutural e numeram-se átomos de carbono da cadeia principal em sequência, de forma que o grupo hidroxila fique com o menor número possível:



A cadeia principal é a maior sequência de átomos possível que inclui o átomo de carbono ligado ao grupo funcional; por essa razão, a primeira opção é incorreta. Iniciando a numeração pela extremidade mais próxima do grupo hidroxila, este é localizado no carbono número 2; começando a numeração pela outra extremidade, o localizaríamos no carbono 4. Por isso, a segunda opção também é incorreta.

- Atribui-se o prefixo de acordo com o número de átomos de carbono da cadeia principal. Nesse caso: pent.

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Ressalte que a quantidade de localizadores deve ser sempre condizente com a quantidade de grupos substituintes ou grupos funcionais presentes. Comente também a necessidade de acrescentar a vogal "o" após o infixo para tornar o nome do composto legível em língua portuguesa. Se julgar conveniente, apresente o nome usual do propano-1,2-diol (propilenoglicol) e comente que uma de suas principais aplicações é como emoliente na indústria cosmética.

- Identifica-se o tipo de ligação na cadeia. No exemplo, usa-se o infixo an, correspondente à cadeia saturada.
- O sufixo ol é usado para identificar a função química álcool, e a posição do grupo funcional é indicada junto a ele: 2-ol.
- Observa-se que há duas ramificações iguais. Inserimos o multiplicador "di" à frente do nome do grupo substituinte, o qual é atribuído de acordo com o número de átomos de carbono acrescido do sufixo il. A posição dos grupos substituintes é indicada antes de seu nome: 3,4-dimetil.

  Logo, o nome do álcool apresentado é: 3,4-dimetilpentan-2-ol.

Além da nomenclatura sistemática, há outras formas aceitas. Podemos citar os **nomes usuais**, como ácido acético, a **nomenclatura semissistemática**, em que apenas o sufixo é preservado, como em colesterol, e a **nomenclatura de classe funcional**, que só é adequada para moléculas mais simples. Nesse caso, a sintaxe é:

Nome da classe funcional nome do grupo substituinte + "ico"

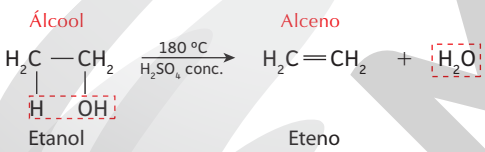
Assim, para o etanol, teríamos álcool etílico.

Reatividade

A reatividade química, ou seja, a tendência de reagir em certas condições, está relacionada à estrutura das moléculas e, de modo geral, depende de aspectos termodinâmicos (energéticos) e cinéticos. A seguir, fazemos uma breve descrição fenomenológica de alguns padrões de reação dos álcoois.

Desidratação intramolecular

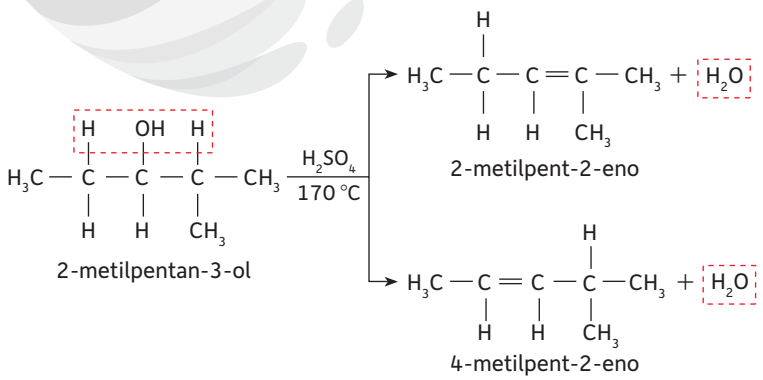
O eteno, matéria-prima do polímero que compõe as sacolas plásticas, pode ser obtido diretamente do petróleo, um recurso não renovável, ou sintetizado a partir do etanol, um recurso renovável, por meio de uma reação de desidratação. Essas reações podem ocorrer por um mecanismo de eliminação ou de substituição de átomos ou grupos de átomos, no caso, H e OH. Nos álcoois que apresentam apenas um grupo hidroxila por molécula, a **reação de eliminação** é chamada desidratação intramolecular. Nesse mecanismo, a hidroxila e o hidrogênio que formam a molécula de água ao final do processo são oriundos da mesma molécula orgânica. Um dos pares de elétrons presente nessas ligações passa a estabelecer uma ligação entre os átomos de carbono vizinhos. Assim, ocorre a formação de uma ligação dupla entre os átomos de carbono. O produto orgânico formado pertence à classe funcional conhecida como **alceno** – substâncias em que as moléculas apresentam apenas carbono e hidrogênio e nas quais existe uma ligação dupla entre átomos de carbono. Acompanhe:



Note que a reação de desidratação ocorre sob aquecimento e na presença de ácido sulfúrico concentrado, o qual atua como catalisador, aumentando a rapidez da reação. Quanto mais substituído o átomo de carbono ligado ao grupo hidroxila, menor é a temperatura necessária para que a reação ocorra. Outro catalisador empregado é o ácido fosfórico (H_3PO_4).

Comente que alguns processos bioquímicos envolvem reações de desidratação de álcoois. Um exemplo é a reação catalisada pela enzima desidratase em uma etapa da conversão de glicose em determinados aminoácidos pelas plantas.

Se houver a possibilidade de formação de mais de um produto orgânico, aquele formado em maior quantidade tende a ser o que apresenta a ligação dupla em um átomo de carbono mais substituído (menos hidrogenado). Essa regra empírica foi estabelecida em 1875 pelo químico russo Alexander M. Zaitsev (1841-1910). Acompanhe:

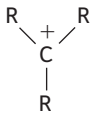


O produto obtido com maior rendimento é o 2-metilpent-2-eno.

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

MODERNA

Essa tendência pode ser explicada pelo fato de que as reações de desidratação intramolecular envolvem a formação de um intermediário **carbocátion**, espécie na qual um carbono apresenta carga positiva:



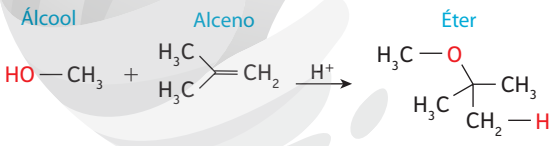
R representa uma cadeia carbônica ou um átomo de hidrogênio.

Quando há ruptura de uma ligação covalente da qual participam espécies químicas que apresentam eletronegatividades diferentes, o átomo do elemento químico mais eletronegativo exerce uma força de atração maior sobre o par de elétrons da ligação. No momento da ruptura dessa ligação, o par eletrônico migra para o átomo do elemento químico mais eletronegativo, processo conhecido como **heterólise**. O resultado é a formação de íons. Os carbocátions que apresentam a carga positiva em um carbono mais substituído são mais estáveis e, portanto, têm sua formação mais favorecida em relação àqueles menos substituídos.

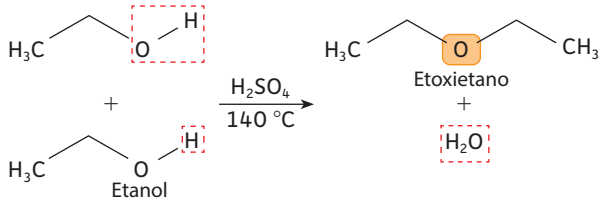
Desidratação intermolecular e adição a alcenos

Você já deve ter percebido ao passar por postos de combustíveis que são oferecidas, muitas vezes, duas opções de um mesmo combustível, uma aditivada e uma comum. Os **aditivos** são substâncias que, a princípio, agregam características benéficas ao produto. Exemplos incluem o aumento da resistência à detonação prematura no interior do motor (antes da compressão máxima), prevenindo a ocorrência de combustão incompleta e a diminuição do depósito de resíduos nas peças do motor.

O antidetonante utilizado na gasolina tipo B era uma substância conhecida pela sigla MTBE (éter *terc*-butílico e metílico). Sua comercialização foi proibida pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) no final da década de 1990 em razão da toxicidade e resistência à biodegradação, embora ele seja levemente melhor como antidetonante que o seu substituto, o etanol. É possível sintetizar o MTBE por meio de **reação de adição** de álcoois a alcenos catalisada por ácido. Acompanhe:



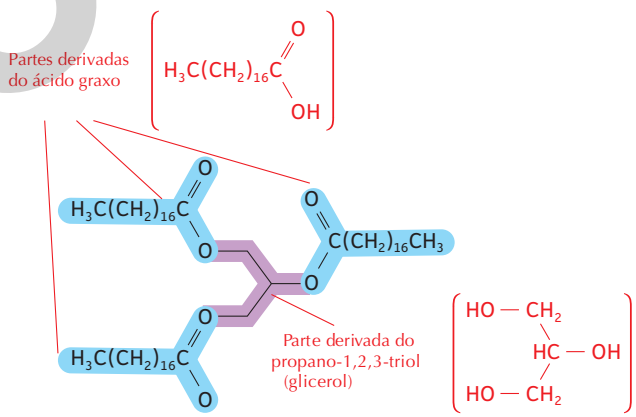
Outro método de obtenção de éteres, e também um dos mais antigos, é a **desidratação intermolecular** de álcoois. Diferentemente da desidratação intramolecular, essa desidratação ocorre entre duas moléculas de álcool por um mecanismo de **substituição**. Acompanhe a síntese do etoxietano (éter dietílico), o primeiro anestésico utilizado em cirurgias, hoje substituído por substâncias menos tóxicas e menos inflamáveis:



Note que os éteres são caracterizados pela presença do grupo funcional $R_1 — O — R_2$, em que R_1 e R_2 correspondem a cadeias carbônicas iguais ou diferentes.

Biodiesel, um biocombustível da classe dos ésteres

Em 1900, na França, durante a Exposição Universal de Paris, evento criado para a divulgação de novas tecnologias, o engenheiro alemão Rudolph Diesel (1858-1913) apresentou um protótipo de motor que funcionava com óleo de amendoim. Ele acreditava que essa tecnologia poderia ajudar no desenvolvimento agrário dos países e que o uso de óleos vegetais (ou uma gordura animal, substâncias da classe dos **triacilglicerídios**) poderia se tornar tão importante quanto o de petróleo. Visando à independência energética em relação ao petróleo e ao carvão mineral, a França incentivou a produção de motores movidos a óleos vegetais. No entanto, os óleos vegetais apresentam alta viscosidade, o que contribui para que sua combustão seja incompleta, resultando em acúmulo de resíduos de carbono no motor e na necessidade de manutenção intensiva. Muitos cientistas desenvolveram e testaram diversos métodos, mas nenhum obteve resultados significativos, até que, em meados da década de 1930, a reação de transesterificação foi empregada para produzir o biodiesel.

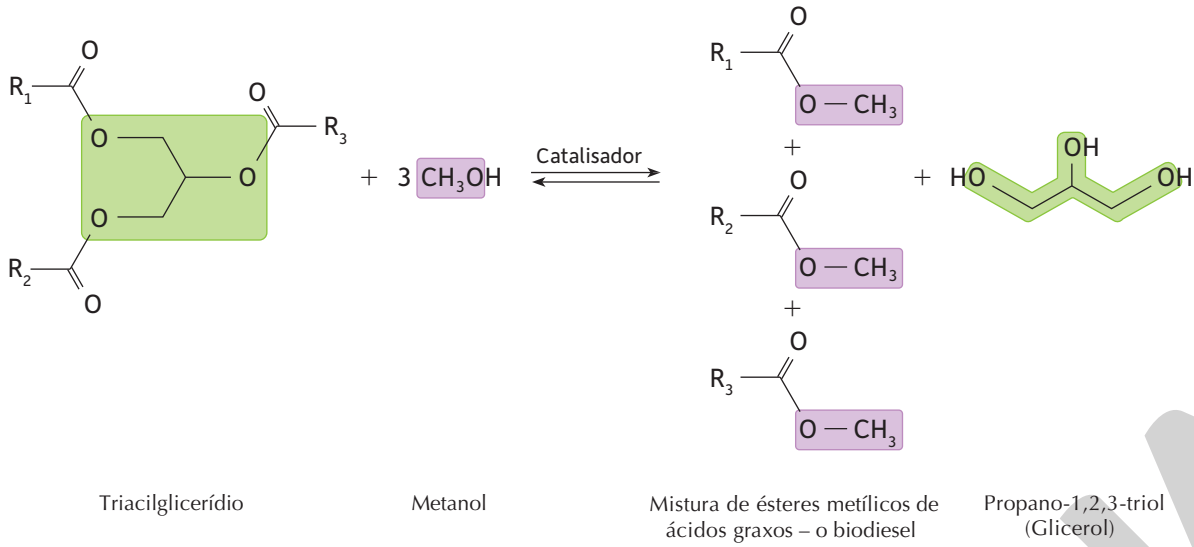


Fórmula estrutural do triacilglicerídio, conhecido como triestearato de glicerila. Embora as cadeias carbônicas derivadas de ácido graxo presentes em óleos e gorduras possam ser diferentes, nesta discussão elas são consideradas sempre iguais para fins de simplificação.

A **transesterificação** é a reação entre um éster e um álcool que leva à formação de um novo éster e de um novo álcool. No caso da síntese do biodiesel, um óleo vegetal é tratado com um álcool de cadeia curta, normalmente metanol ou etanol. Os produtos formados são ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos presentes no material original, além de glicerol (glicerina). Acompanhe:

Comente que, na área da Saúde, os triacilglicerídios costumam ser conhecidos como triglicérides e que glicerol é o nome usual do propano-1,2,3-triol.

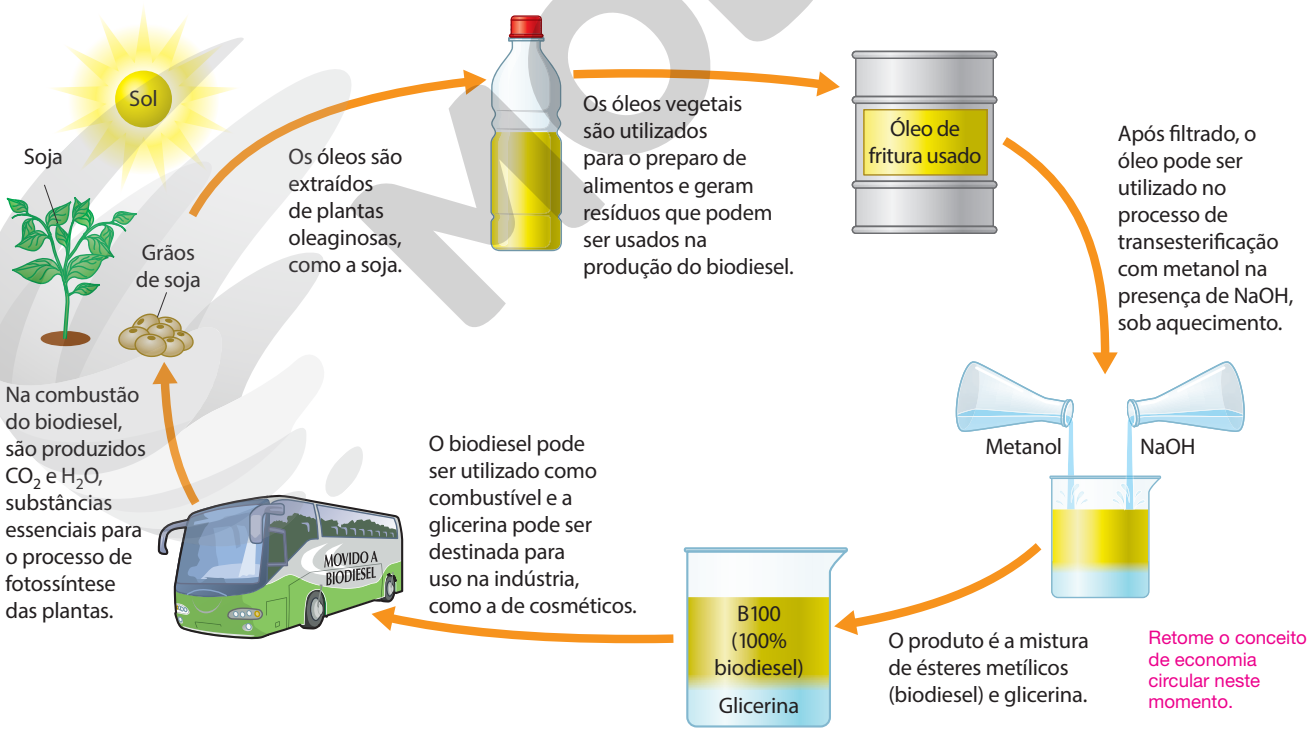
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Esquema da reação de transesterificação para a formação de biodiesel. Estão destacados em verde e em roxo os grupos denominados alcóxi (ou alcóxido), que são substituídos nos reagentes para formar os produtos. O biodiesel é uma mistura de ésteres metílicos (ou etílicos, se for utilizado etanol em vez de metanol) dos diversos ácidos graxos presentes no óleo ou na gordura usados na síntese.

A vantagem desse processo é a possibilidade de obter um éster de álcool de cadeia curta, em vez de triestearato de glicerila (triacilglicerídio). O triestearato de glicerila, por ter maior massa molecular, é mais viscoso e menos volátil que os ésteres metílicos (ou etílicos) produzidos. Seu uso em um motor movido a diesel demandaria adaptações, ao passo que os ésteres metílicos e etílicos têm propriedades mais próximas daquelas apresentadas pelo diesel de petróleo e são usados sem necessidade de adaptação.

Um aspecto importante sobre a síntese de biodiesel é que ela também pode ser feita com matérias-primas residuais ricas em triacilglicerídios, como os óleos de fritura e os resíduos industriais ou urbanos, o que ajuda a diminuir os impactos ambientais causados pela destinação inadequada desses resíduos, constituindo um ciclo fechado de produção e consumo (**Fig. 2.4**). No Brasil, o biodiesel é obrigatoriamente adicionado ao diesel de petróleo em proporções definidas pela legislação em vigor. Em 2020, esse valor era de 12%.



Fonte consultada: METAEFFICIENT. Biodiesel FAQ. Disponível em: <https://metaefficient.com/uncategorized/biodiesel-faq.html>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Figura 2.4 Representação esquemática do ciclo do biodiesel. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

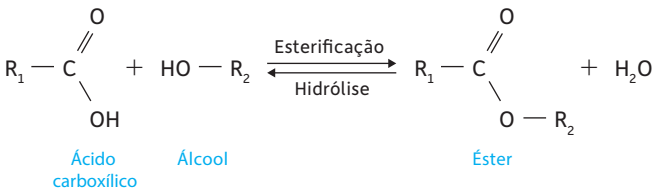
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

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

MODERNA

Reconhecendo os ésteres

A função orgânica éster deriva da reação de um álcool com um ácido carboxílico, denominada **esterificação**. A reação é reversível, e o processo inverso é chamado **hidrólise**.



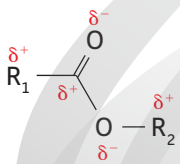
R_1 representa uma cadeia carbônica ou um átomo de hidrogênio e R_2, um cadeia carbônica.

Questione os estudantes sobre a restrição de R_2 não poder ser um átomo de hidrogênio.

Na indústria, a reação é realizada em grandes recipientes (reatores), sob agitação, e geralmente é catalisada por ácido sulfúrico. Para aumentar o rendimento da produção do éster, pode-se empregar um excesso dos reagentes (do álcool, do ácido carboxílico ou de ambos) ou remover continuamente os produtos do meio reacional.

Relações estrutura-propriedade

As interações intermoleculares presentes em uma amostra de éster são as **forças dispersivas de London** e as **forças de Keesom** (dipolo permanente-dipolo permanente), que têm intensidade intermediária entre as forças dispersivas de London e as ligações de hidrogênio. As forças dispersivas de London terão maior ou menor efeito sobre o comportamento das substâncias dependendo do tamanho das cadeias carbônicas (R_1 e R_2) que compõem as moléculas, e a contribuição das forças de Keesom se dá em função das ligações químicas polares formadas entre os átomos de carbono e oxigênio.

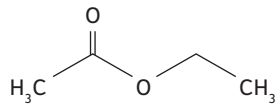


Cargas parciais dos átomos envolvidos no grupo funcional éster.

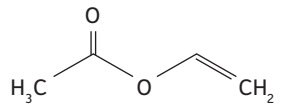
Nos casos em que os grupos R são cadeias curtas, os ésteres geralmente são líquidos solúveis tanto em água quanto em compostos orgânicos polares e apolares. Desse modo, são excelentes solventes, sendo essa sua principal aplicação. É o caso, por exemplo, do acetato de etila presente em removedores de esmalte. Conforme o que foi estudado no caso dos álcoois, o aumento da cadeia carbônica diminui a solubilidade dos ésteres em água, ao passo que aumenta sua solubilidade em compostos orgânicos apolares, como os presentes no diesel.

Os ésteres de cadeias curtas também são voláteis, sendo usados como aromatizante na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. Um exemplo é o butanoato de etila, que confere aos materiais aroma característico de abacaxi. Além disso, alguns ésteres são precursores de polímeros bastante presentes em nosso cotidiano na forma de embalagens e colas.

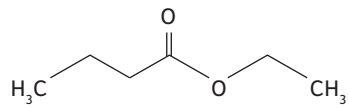
Chame a atenção dos estudantes para os casos em que foram apresentados dois nomes.



Acetato de etila
(Etanoato de etila)



Acetato de vinila
(Etanoato de etenila)

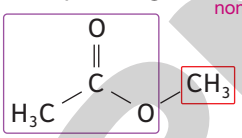


Butanoato de etila

Nomenclatura

Se julgar conveniente, discuta sobre os nomes preferenciais da IUPAC, indicados no Livro Azul pela sigla PIN. Nesta obra, deixaremos em destaque os nomes preferenciais, apresentando entre parênteses os nomes obtidos pelas regras de nomenclatura.

Acompanhe o exemplo a seguir.



- Devemos identificar a parte do éster que corresponde a um ácido carboxílico (destaque em roxo) sem o H do grupo hidroxila; nesse caso, o ácido acético (ácido etanoico).
- Suprimimos a palavra "ácido" e substituímos o sufixo "ico" por "ato" no nome do ácido. No caso do exemplo apresentado: acetato (ou etanoato).
- Depois, devemos identificar a cadeia carbônica derivada do álcool (destaque em vermelho). Nomeamos essa cadeia usando os prefixos já estudados para informar a quantidade de átomos de carbono e acrescentamos o sufixo "ila". Nesse caso: metila.
- Por último, devemos unir os dois termos pela preposição "de": acetato de metila (ou etanoato de metila).

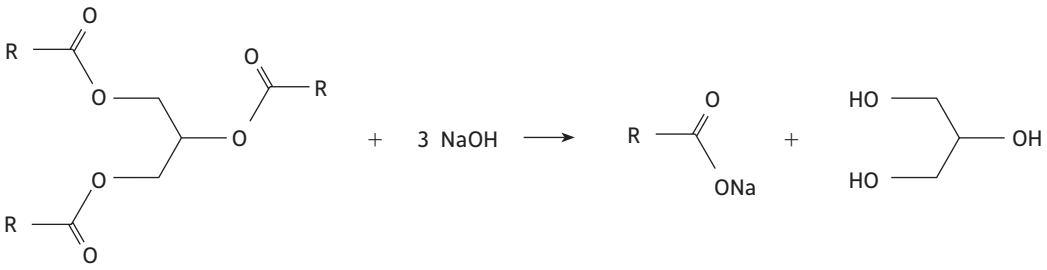
Reatividade

Embora não se saiba exatamente sua origem, sabe-se que a produção de **sabão** é uma das mais antigas reações químicas conhecidas. É provável que tenha sido descoberta por acidente, durante a fervura de gordura animal, insolúvel em água, contaminada com cinzas. Nesse processo, percebe-se a coagulação de uma massa esbranquiçada flutuando na mistura. Essa massa, utilizada para lavar roupas e utensílios, mistura-se à água, demonstrando uma ação mais eficaz que a da água para remover gordura e outras sujeiras insolúveis em água.

Mais tarde, os sabões passaram a ser produzidos por meio da reação entre gorduras animais ou óleos vegetais e soluções alcalinas – por exemplo, soluções aquosas de hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH). Essa reação, que ficou conhecida como **saponificação**, é esquematizada genericamente a seguir.

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

MODERNA



Óleo ou gordura | Hidróxido de sódio | Sal alcalino de ácido graxo (Sabão) | Propano-1,2,3-triol (Glicerol)

As cadeias carbônicas representadas por R podem ser diferentes em uma mesma molécula de triacilglicerídio.

O meio básico proporcionado pelo NaOH(aq) favorece a reação de hidrólise da gordura. Nessa reação, forma-se sabão, um sal derivado de ácido graxo que geralmente tem em sua estrutura uma cadeia carbônica de 12 a 18 átomos de carbono provenientes dos ésteres de ácidos graxos dos óleos vegetais ou das gorduras animais. A nomenclatura dos sais de ácido graxo é semelhante à utilizada para os ésteres, trocando-se o nome da parte derivada do álcool pelo nome do cátion. Exemplo: estearato de potássio, derivado do ácido esteárico.

O banho, essa novidade

Hoje aceitamos com naturalidade ideias como tomar banho e lavar nossas roupas com sabão. Historicamente, entretanto, esse é um costume recente. [...]

O ato de tomar banho com sabão e água aconteceu graças ao Movimento Sanitário iniciado em Londres como resposta à sujeira onipresente – aos poucos reconhecida como uma das causas de cólera e de febre tifoide. Canais de esgotos foram construídos, o lixo foi transportado para longe dos centros urbanos, bebedouros públicos foram isolados de locais contaminados e as pessoas foram encorajadas a tomar banho e a lavar suas roupas. [...]

Os colonizadores portugueses recém-chegados ao Brasil incorporaram o hábito de tomar banho imitando os índios brasileiros.

Fonte: BARBOSA, A. B.; SILVA. R. R. da. Xampus. *Química Nova na Escola*, n. 2, 1995.

Polímeros sintéticos

Em 1920, o químico alemão Hermann Staudinger (1881-1965) lançou a hipótese de que materiais como a borracha natural e o amido eram formados por moléculas muito grandes, apresentando milhares de unidades de massa atômica. Essa hipótese foi bastante contestada por pesquisadores da época, mas o reconhecimento posterior de seu trabalho culminou no recebimento do Prêmio Nobel de Química, em 1953.

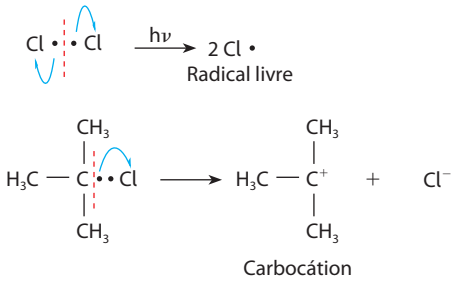
Além das **macromoléculas** naturais produzidas pelo metabolismo de seres vivos, existe outra grande classe delas que são hoje fabricadas industrialmente, por reações de polimerização, e que estão presentes em nosso dia a dia na forma dos mais diversos tipos de embalagem. Os polímeros são macromoléculas constituídas de unidades menores que se repetem ao longo da cadeia. Essas unidades de repetição são derivadas dos reagentes, denominados monômeros, os quais podem ser provenientes de fontes renováveis ou fósseis. Uma amostra de polímero é uma mistura de macromoléculas de diferentes tamanhos, e a dispersão ou variabilidade de tamanhos encontrada depende das condições reacionais empregadas na síntese do material.

Em razão de o polímero ser formado por um ou mais tipos de monômero e da reatividade desses monômeros, o mecanismo da reação de polimerização é diferente. Os processos mais comuns envolvem a formação de radicais livres – espécie química que apresenta pares de elétrons não emparelhados – por **homólise** das ligações covalentes e de carbocátions por **heterólise** das ligações covalentes e por **reação de condensação**, em que duas moléculas pequenas se unem formando uma molécula maior e eliminando uma molécula pequena, como H_2O ou HCl.

Acompanhe a seguir o esquema que exemplifica a formação de radical livre e carbocátion por homólise e heterólise, respectivamente. A homólise pode ser iniciada por luz ($h\nu$) ou por aquecimento (Δ).

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

MODERNA

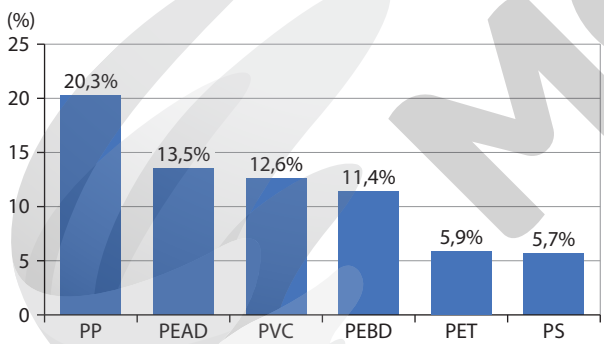


Há várias maneiras de classificar os polímeros, as quais levam em consideração a estrutura da cadeia polimérica, seu comportamento sob aquecimento e sob a ação de forças mecânicas, o mecanismo de reação de polimerização e o tipo de aplicação. No que diz respeito à sustentabilidade, interessam especialmente os aspectos relacionados à estrutura química, pois esse fator tem influência na biodegradabilidade, bem como o aspecto relacionado ao comportamento do polímero sob altas temperaturas, pois é um dos fatores que determinam se ele pode ser reciclado ou não.

Uma classe de materiais composta de polímeros e comumente encontrada em embalagens é a dos **plásticos**, palavra que significa "que pode ser moldado". Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (Abiplast), a China foi o maior produtor em 2018, com quase 119 milhões de toneladas (cerca de 20 vezes mais que o Brasil). A taxa de consumo, no Brasil, dos tipos de plástico no ano de 2018 é apresentada na **Figura 2.5**.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 2.5 Principais plásticos consumidos no Brasil em 2018



Fonte consultada: ABIPLAST. *Perfil 2018*: Indústria brasileira de transformação e reciclagem de material plástico. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/10/perfil2018-web_VC.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Polímeros verdes

Denominamos polímeros verdes as macromoléculas sintetizadas a partir de **fontes renováveis** e cujas etapas de obtenção causam menos impactos ambientais se comparadas aos métodos tradicionais que utilizam fontes não renováveis, como o petróleo.

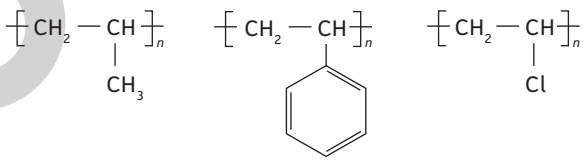
Exemplos de polímeros verdes cujos monômeros são produzidos a partir do etanol da cana-de-açúcar são o polietileno (PE) e o poli(tereftalato de etileno) (PET). Ambos apresentam as mesmas características estruturais e propriedades físico-químicas dos polímeros tradicionais, uma vez que se trata dos mesmos compostos; a diferença está no método de obtenção. O Brasil é um dos pioneiros neste setor: o primeiro local de produção de PE verde foi instalado no Rio Grande do Sul, em 2010, por uma empresa privada do setor petroquímico.

Chame a atenção dos estudantes para a forma como foram grafados os nomes dos dois polímeros apresentados para que eles percebam em que casos usamos parênteses e em que casos não.

Polietileno, PE

Polímero comumente encontrado em embalagens flexíveis como sacolas, a reação de polimerização é feita a partir do monômero eteno, também conhecido como etileno. Nesse processo, as insaturações são rompidas e novas ligações covalentes são formadas entre várias moléculas do alceno. O processo pode ser representado de forma simplificada, como vemos a seguir.

Por meio de mecanismo similar forma-se também, só que a partir do propeno, o polipropileno (PP), encontrado em embalagens rígidas, como potes. As bandejas de poliestireno (PS) associadas a filmes de poli(cloreto de vinila) (PVC) são muito comuns para embalar alimentos (**Fig. 2.6**). Esses dois polímeros também são fabricados por mecanismo similar ao da fabricação do PE: o PS a partir do estireno (etenilbenzeno ou vinilbenzeno) e o PVC, do cloreto de vinila (cloroeteno).



MIND PRO STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 2.6 Embalagens feitas de PS e PVC. Esses materiais também são empregados na construção civil, o PS como isolante térmico e acústico e o PVC na forma de tubos e conexões rígidas. A espuma expandida de poliestireno, conhecida como isopor ou EPS, é feita durante a polimerização injetando-se gás no sistema. Em 2019, foi sintetizado em uma universidade estadunidense um substituto para esse material feito de nanocristais de celulose obtidos a partir da polpa da madeira.

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

MODERNA

O polietileno pode ser obtido em diferentes versões controlando-se as condições reacionais. As mais comuns são a versão de **alta densidade** (PEAD) e a de **baixa densidade** (PEBD). O polímero de alta densidade é obtido pela presença de longas cadeias lineares que interagem intensamente, formando um sólido compacto. A baixa densidade pode ser alcançada permitindo-se a formação de cadeias ramificadas, as quais não se organizam de forma tão compacta quanto a do PEAD (**Fig. 2.7**).

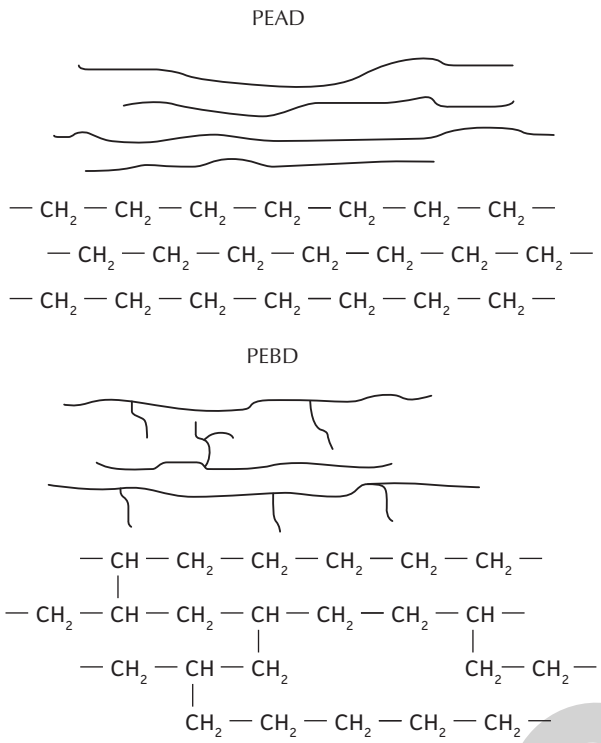


Figura 2.7 Representação esquemática das versões de alta e baixa densidade do polietileno. A estrutura do PEBD confere menor resistência e maior maleabilidade ao material em comparação à estrutura do PEAD. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

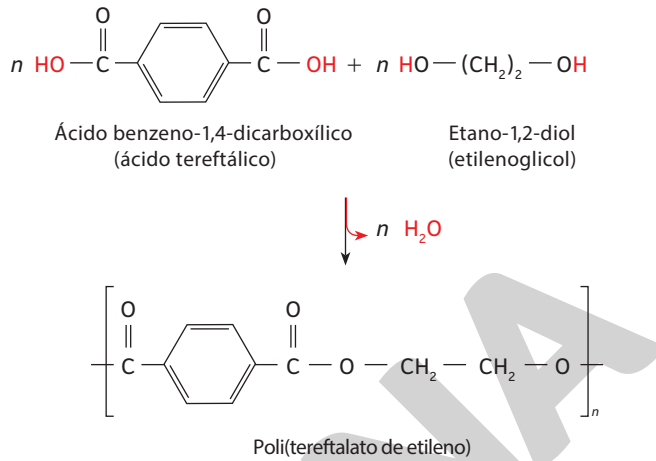
A temperatura em que o polímero passa de um estado rígido para um estado flexível, permitindo que ele seja moldado, é conhecida como temperatura de transição vítrea (T_g). Ela é menor que a temperatura de fusão e é influenciada pelo **grau de cristalinidade** dos polímeros. Por exemplo, a T_g do PEAD é cerca de 20 °C menor que a do PEBD.

Poli(tereftalato de etileno), PET

O poli(tereftalato de etileno) é um polímero bastante conhecido hoje por estar associado à produção de embalagens do tipo garrafa; contudo, sua trajetória começou na indústria têxtil inglesa em 1941. A produção do PET se desenvolveu como uma alternativa às fibras têxteis de algodão, lã e linho, cuja produção havia sido prejudicada pela destruição dos campos durante a Segunda Guerra Mundial. O início da sua utilização como embalagem para bebidas carbonatadas, como refrigerantes, em substituição ao vidro ocorreu nos Estados Unidos. A tecnologia do PET chegou ao Brasil em 1988, ainda com aplicações têxteis, passando a ser utilizada em embalagens somente em 1993.

Nesta discussão, enfatize a baixa permeabilidade ao CO_2 do PET.

O PET é um **poliéster** que pode ser sintetizado a partir da reação de condensação entre o etano-1,2-diol (etilenoglicol) e o ácido benzeno-1,4-dicarboxílico (ácido tereftálico). Essa reação é representada de forma simplificada a seguir.



É possível perceber que o polímero se forma com a eliminação de uma molécula de água para cada par de monômeros que reage.

Muitas vezes as propriedades dos materiais poliméricos são influenciadas pela massa molecular média do conjunto de cadeias poliméricas que compõem os lotes de produtos sintetizados. Por exemplo, a viscosidade intrínseca é diretamente proporcional à massa molecular. Assim, um PET de maior massa molecular média é empregado em embalagens rígidas, enquanto um PET de menor massa molecular média é utilizado em filmes e fibras.

Biodegradação e reciclagem

A baixa reatividade de boa parte dos polímeros torna sua decomposição muito lenta, o que, aliado ao descarte inadequado, acaba levando a problemas ambientais. Por isso, é fundamental incentivar o reúso e a reciclagem desses materiais, assim como sua substituição por polímeros mais facilmente fotodegradados, quimiodegradados ou biodegradados.

Os materiais poliméricos que podem ser decompostos pela ação de microrganismos (bactérias ou fungos) sob condições favoráveis de temperatura, umidade, luminosidade, pH, concentração de gás oxigênio, nutrientes orgânicos e inorgânicos adequados são classificados como **biodegradáveis**.

No processo de biodegradação, a primeira etapa consiste na fragmentação do material. Na segunda etapa, ocorre a mineralização, em que, além de água, são liberados gases, como o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4), os quais são reintegrados aos ciclos biogeoquímicos. A presença de ligações hidrolisáveis ou oxidáveis na cadeia, além de certo grau de flexibilidade do material e polaridade, são alguns dos fatores que contribuem para o processo de decomposição.

A mera fragmentação pode ter consequências ambientais em razão da formação dos **microplásticos**. Essa é uma das críticas ao uso de embalagens **oxidegradáveis**, materiais poliméricos convencionais que recebem aditivos, como íons de metais de transição, para acelerar

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

MODERNA

A montagem desse sistema é similar à usada para medir a taxa respiratória ou de fermentação de seres vivos em cultura.

seu processo de fragmentação. Há controvérsias na literatura científica sobre esses materiais poderem ser biodegradados após a fase de fragmentação. Além disso, esses aditivos comprometem a resistência mecânica dos polímeros e afetam negativamente o processo de reciclagem.

A avaliação da biodegradabilidade de um polímero (**Fig. 2.8**) costuma ser feita pela quantificação do carbonato de bário, $BaCO_3$, um sólido branco formado na reação do CO_2 liberado no processo com uma solução aquosa de hidróxido de bário, $Ba(OH)_2$.

$$CO_2(g) + Ba(OH)_2(aq) \longrightarrow BaCO_3(s) + H_2O(l)$$

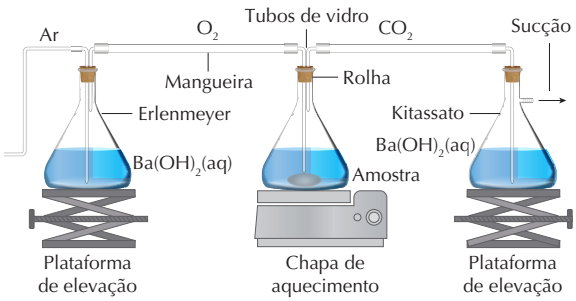


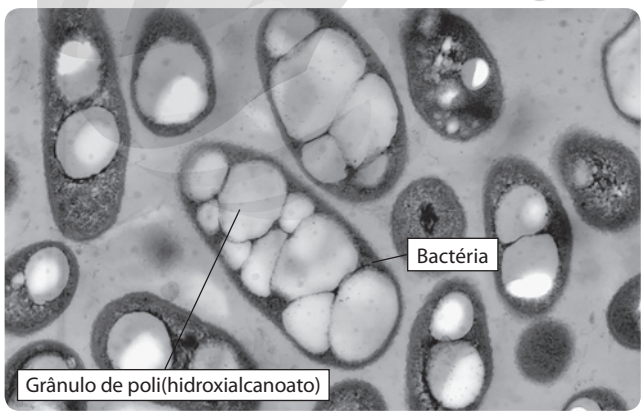
ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte consultada: CALIL, M. R. *et al.* Comparison of the biodegradation of poly (ε-caprolactone), cellulose acetate and their blends by the Sturm test and selected cultured fungi. *Polymer Testing*, v. 25, p. 597-604, 2006.

Figura 2.8 Representação esquemática do aparato experimental para quantificação do gás carbônico no teste de biodegradabilidade de polímeros. Para evitar interferência do CO_2 que não é produzido no processo o sistema deve ser vedado. A solução de hidróxido de bário do primeiro erlenmeyer tem como objetivo a retirada de CO_2 presente no ar que entra no sistema. O segundo erlenmeyer contém, além do polímero analisado, os microrganismos e seus nutrientes necessários. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os polímeros biodegradáveis podem ser classificados de acordo com as formas de obtenção em naturais e sintéticos. Os naturais ainda têm uma participação muito pequena no mercado, em parte por terem aplicações mais restritas e um custo de produção maior em comparação aos sintéticos.

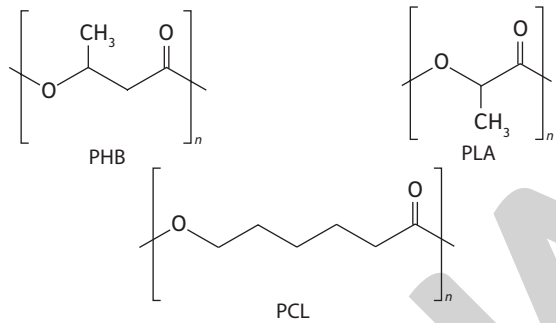
Os polímeros biodegradáveis naturais mais importantes são os da família dos **poli(hidroxialcanoatos)**, materiais de reserva energética bacterianos produzidos por fermentação de derivados da cana-de-açúcar identificados em 1926 (**Fig. 2.9**).



DR. ELISABETH INGOLIC, FELMI-ZFE-GRAZ.

Figura 2.9 Grânulos de poli(hidroxialcanoato) no interior de bactérias. (Imagem obtida de microscópio eletrônico ampliada cerca de 70.000 vezes.)

Como exemplo dos poli(hidroxialcanoatos), podemos citar o poli(β-hidroxibutirato), PHB, semelhante em propriedades físicas e mecânicas ao polipropileno. O segundo grupo compreende os polímeros biodegradáveis naturais produzidos de fontes fósseis ou da mistura entre biomassa e petróleo. Entre os mais usados podemos citar o poli(ácido lático), PLA, e a poli(ε-caprolactona), PCL.

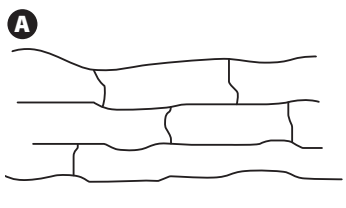


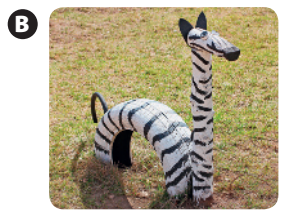
Note que os polímeros biodegradáveis exemplificados são todos do tipo **poliéster alifático**, ou seja, sem anel benzênico em sua composição. Essa classe de polímeros tem sido muito empregada em materiais biomédicos, como cápsulas de liberação controlada de fármacos, fixadores cirúrgicos (suturas absorvíveis e pinos para ossos) e embalagens especiais.

Como identificar os polímeros que podem ser reciclados?

Além do benefício ambiental de redução de volume de lixo e emissão de gases de efeito estufa, a reciclagem dos polímeros permite economia de matéria-prima e energia, além de ser fonte de renda para várias famílias. Segundo a Abiplast, a cada tonelada de material reciclado, são economizados 75% de energia e 450 L de água e gera-se renda para três catadores, em média. Em 2016, a quantidade total de material reciclado no Brasil ficou em torno de 550 mil toneladas, valor semelhante ao de países desenvolvidos, mas territorialmente muito menores, como Suíça e Áustria. Ou seja, ainda temos muito a melhorar nesse aspecto.

Embora PE, PP, PS, PVC e PET não sejam biodegradáveis, eles são classificados como materiais **termoflexíveis**, ou seja, passíveis de serem repetidamente amolecidos por aquecimento e endurecidos por resfriamento, o que os torna recicláveis. Esse comportamento é típico de **cadeias não reticuladas**, isto é, cadeias poliméricas lineares ou ramificadas sem ligações covalentes entre si e que, portanto, interagem apenas por interações intermoleculares (**Fig. 2.10**).





STANISLAW MIKULSKI/ DREAMSTIME/GLOW IMAGES

Figura 2.10 **(A)** Representação esquemática de cadeias poliméricas reticuladas, como as da borracha vulcanizada, em que há formação de ligações cruzadas entre átomos de enxofre – o que torna o material termorrígido e dificulta sua reciclagem. **(B)** Uma opção para diminuir o impacto ambiental desses polímeros é sua reutilização como objetos de decoração.

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

O processo de reciclagem de polímeros necessita, inicialmente, que eles sejam separados de acordo com sua constituição química. Uma forma de separar uma mistura de resíduos poliméricos de diferentes tipos é por **diferença de densidade**.

Para auxiliar na identificação dos polímeros, facilitando a separação e posterior reciclagem, os produtos apresentam impresso um código de identificação: normalmente um número de 1 a 7 dentro de um triângulo formado por três setas, e sob ele uma sigla correspondente ao tipo de polímero (**Fig. 2.11**). Esse sistema foi introduzido em 1988 pela Sociedade Industrial de Plásticos (SIP) por solicitação dos recicladores, servindo como base para a criação da norma "Simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos", da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

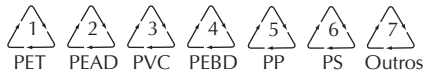


Figura 2.11 Símbolos de identificação dos materiais plásticos, segundo a norma 13.230 da ABNT (1994). O triângulo de três setas também é utilizado para identificar recipientes contentores destinados à coleta seletiva.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Observe, a seguir, as equações químicas que representam reações envolvidas na depleção da camada de ozônio. Em seguida, responda às questões.

$CCl_2F_2(g) \xrightarrow{h\nu} CClF_2^{\bullet}(g) + Cl^{\bullet}(g)$

$Cl^{\bullet}(g) + O_3(g) \longrightarrow ClO^{\bullet}(g) + O_2(g)$

a) Classifique o tipo de cisão de ligação (homólise ou heterólise) representado.

b) Classifique as espécies $CClF_2^{\bullet}(g)$ e $Cl^{\bullet}(g)$.

2. (Unifenas-MG) O álcool comum (etanol) possui várias aplicações, tais como: solvente, combustível, bebidas alcoólicas, matéria-prima para a fabricação de outros compostos orgânicos etc. Uma sequência de processos para a fabricação do álcool etílico e posterior aplicação pode ser assim representada:

$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{I}$ glicose + frutose $\xrightarrow{II} C_2H_5OH \xrightarrow{III} C_2H_4 \xrightarrow{IV} (-CH_2-CH_2-)_n$

As transformações I, II, III e IV são denominadas, respectivamente:

a) hidrólise, fermentação, eliminação e polimerização.

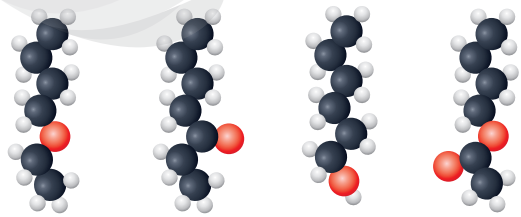
b) fermentação, hidrólise, desidroxilação e polimerização.

c) hidrólise, fermentação, desidratação e eliminação.

d) fermentação, hidrólise, desidrogenação e eliminação.

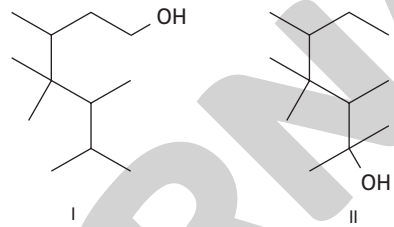
e) hidrólise, adição, desidratação e adição.

3. As figuras a seguir representam moléculas constituídas por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, representados respectivamente pelas esferas cinza-escura, branca e vermelha. Identifique em seu caderno o álcool, o éter e o éster.



(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

4. Analise as estruturas I e II apresentadas a seguir e faça o que é solicitado.



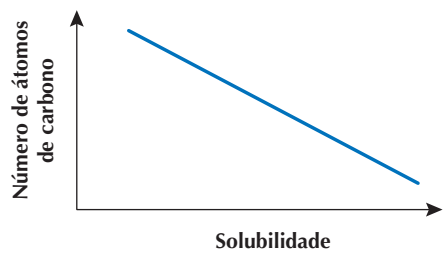
I II

a) Identifique, em seu caderno, qual dos dois álcoois apresenta a maior cadeia principal.

b) Em seguida, determine o valor de *x* e *y* na fórmula molecular dessas substâncias: C_xH_yO.

5. O gráfico a seguir relaciona o número de átomos de carbono em monoálcoois de cadeia aberta não ramificada com sua solubilidade em 100 g de água a 25 °C:

Perfil de solubilidade de monoálcoois de cadeia aberta não ramificada

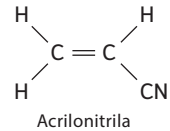


Fonte consultada: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

a) Represente as fórmulas estruturais dos compostos: propan-1-ol, pentan-1-ol e heptan-1-ol.

b) Com base nas fórmulas estruturais e no conceito de interações intermoleculares, explique o perfil observado no gráfico para a solubilidade de álcoois em água.

6. A poliacrilonitrila é um polímero muito utilizado na indústria têxtil para a produção de fibras de lã sintéticas. A fórmula estrutural do monômero que o origina é apresentada ao lado. Escreva, em seu caderno, a equação química da reação de polimerização para a obtenção da poliacrilonitrila.



Acrilonitrila

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

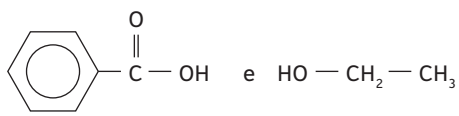
ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

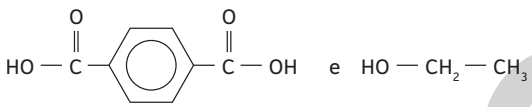
7. Uma das etapas do processo de reciclagem é a separação de alguns tipos de plástico por diferença de densidade. Partindo de uma mistura com diversos fragmentos de PEAD, PP, PS e PVC, e dispondo de água ($d = 1{,}0\ g\ cm^{-3}$), água + etanol ($d = 0{,}93\ g\ cm^{-3}$) e água + cloreto de sódio ($d = 1{,}2\ g\ cm^{-3}$), represente, por meio de um fluxograma, as etapas de separação desses materiais.

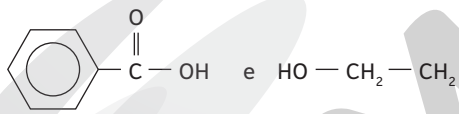
Densidade dos plásticos	
Material	**Densidade ($g\ cm^{-3}$)**
PEAD	0,94-0,96
PP	0,90-0,91
PS	1,04-1,08
PVC	1,22-1,30

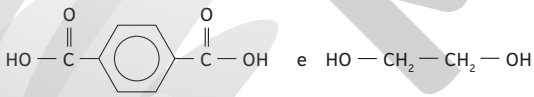
Fonte: SANTA MARIA, L. C. *et al.* Coleta seletiva e separação de plásticos. *Química Nova na Escola,* São Paulo, v. 13, n. 17, p. 32-35, 2003.

8. (Fuvest-SP) Os poliésteres são polímeros fabricados por condensação de dois monômeros diferentes, em sucessivas reações de esterificação. Observe os pares de monômeros a seguir.

I.  e $HO-CH_2-CH_3$

II.  e $HO-CH_2-CH_3$

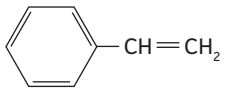
III.  e $HO-CH_2-CH_2-OH$

IV.  e $HO-CH_2-CH_2-OH$

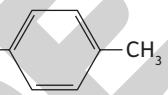
Os poliésteres podem ser formados:

a) por todos os pares.
b) apenas pelos pares II, III e IV.
c) apenas pelos pares II e III.
d) apenas pelos pares I e IV.
e) apenas pelo par IV.

9. (Fuvest-SP) O monômero utilizado na preparação do poliestireno é o estireno:



O poliestireno expandido, conhecido como isopor, é fabricado polimerizando-se o monômero misturado com pequena quantidade de um outro líquido. Formam-se pequenas esferas de poliestireno que aprisionam esse outro líquido. O posterior aquecimento das esferas a 90 °C, sob pressão ambiente, provoca o amolecimento do poliestireno e a vaporização total do líquido aprisionado, formando-se, então, uma espuma de poliestireno (isopor).
Considerando que o líquido de expansão não deve ser polimerizável e deve ter ponto de ebulição adequado, dentre as substâncias abaixo,

	Substância	Temperatura de ebulição (°C) à pressão ambiente
I	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	36
II	$NC-CH=CH_2$	77
III		138

é correto utilizar, como líquido de expansão, apenas

a) I.
b) II.
c) III.
d) I ou II.
e) I ou III.

10. Sabendo que, quanto maior a intensidade das interações intermoleculares, maior é a temperatura de ebulição (TE) das substâncias, associe as duas colunas.

Substância	**TE (°C) a 1 atm**
A: Butan-1-ol	I: 64,6
B: Metanol	II: 78,3
C: Etanol	III: 117,7

11. O álcool *n*-butílico apresenta diversas aplicações na indústria, especialmente como solvente extrator, graças a seu caráter anfifílico, ou seja, suas moléculas apresentam uma parte apolar, também chamada de hidrofóbica, e uma parte polar, também denominada hidrofílica. Avalie se o produto formado na desidratação intermolecular do álcool *n*-butílico terá propriedades semelhantes às do reagente.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

MODERNA

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

TEMA 3

Pilhas e baterias comerciais

Inicie perguntando aos estudantes se eles possuem celulares ou outros dispositivos portáteis e se sabem de que materiais são feitas as baterias desses aparelhos. Explore com eles a imagem apresentada na abertura deste Tema, comentando a questão da evolução tecnológica cada vez mais acelerada, que leva ao descarte desses dispositivos eletroeletrônicos considerados "ultrapassados".

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6; 7; 10
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT106; EM13CNT107; EM13CNT307; EM13CNT309; EM13CHS304

Em princípio, o termo "pilha" designa dispositivos constituídos por dois eletrodos e eletrólitos arranjados de maneira que produzam energia elétrica, e o termo "bateria" refere-se a um conjunto de pilhas agrupadas em série ou em paralelo. Entretanto, no dia a dia, esses termos têm sido utilizados indistintamente para descrever sistemas eletroquímicos fechados e portáteis que armazenam energia. Associações em série e em paralelo são estudadas na Unidade **Mundo tecnológico.**

Embora qualquer reação de oxirredução possa servir de base para construir pilhas, fabricá-las comercialmente, com dimensões e características de desempenho específicos, requer especificidades. A bateria necessária para dar partida em um carro, por exemplo, deve fornecer 12 volts, e sua durabilidade média é de dois a três anos, dependendo dos dispositivos eletroeletrônicos ligados a ela. Já a bateria que faz funcionar os marca-passos deve ser capaz de fornecer uma tensão da ordem de milivolts por um longo período.

Vários tipos de pilha foram – e ainda estão sendo – criados para diversas finalidades. O desenvolvimento dessas fontes portáteis de energia, bem como os problemas ambientais associados ao seu descarte inadequado, pode ser mais bem compreendido por meio do estudo do funcionamento e dos materiais que as compõem, como veremos neste Tema.

Fique por dentro

Sobre Volta, batatas e fótons
GALLI, C. (org.). Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.
O livro foi escrito em comemoração aos 200 anos do desenvolvimento da pilha de Alessandro Volta. Além de sua biografia, o livro aborda temas como eletromagnetismo clássico, construção de pilhas e força eletrostática.

Prêmio Nobel de Química de 2019
BOCCHI, N.; BIAGGIO, S. R.; ROCHA-FILHO, R. C. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 4, 2019.
O artigo apresenta brevemente a biografia dos cientistas premiados e trata da contribuição para que a bateria de íons lítio pudesse ser comercializada a partir de 1991.
Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc41_4/03-AQ-76-19.pdf>. Acessos em: 22 jul. 2020.

Pilha de Daniell

Estimulado pelas pesquisas sobre fisiologia muscular e sua relação com a eletricidade realizadas por volta de 1790 pelo médico italiano Luigi Galvani (1737-1798), o físico italiano Alessandro Volta (1745-1827) realizou experimentos que levaram à construção, em 1800, do que pode ser considerado, provavelmente, o primeiro gerador eletroquímico capaz de produzir corrente elétrica contínua (**Fig. 3.1**).

Embora Volta não tenha elaborado explicações teóricas para todos os fenômenos verificados em sua pilha – vale lembrar que os modelos atômicos vigentes à época não previam a existência de elétrons –, ele fez observações interessantes. Por exemplo, notou que a corrente elétrica obtida poderia ser maior ou menor dependendo do par de metais utilizados, que ela era tanto maior quanto maior fosse o número de discos metálicos empilhados e que era menor quando se utilizava água no lugar de solução eletrolítica entre os metais.

GUIDOB/CC BY-SA 3.0/WIKIMEDIA FOUNDATION INC. – TEMPIO VOLTIANO, COMO

Figura 3.1 Protótipo da pilha de Volta, constituído por discos empilhados de metais diferentes, separados uns dos outros por pedaços de tecido encharcados em solução ácida e com os discos terminais conectados por fios condutores.

Os estudos de Volta estimularam outros pesquisadores a investigar a associação entre energia elétrica e reações químicas. Um deles foi o químico britânico John Frederic Daniell (1790-1845), que desenvolveu, em 1836, um dispositivo gerador de eletricidade mais eficiente, o qual ficou conhecido como **pilha de Daniell**. A equação química global que representa o processo que ocorre nesse dispositivo é:

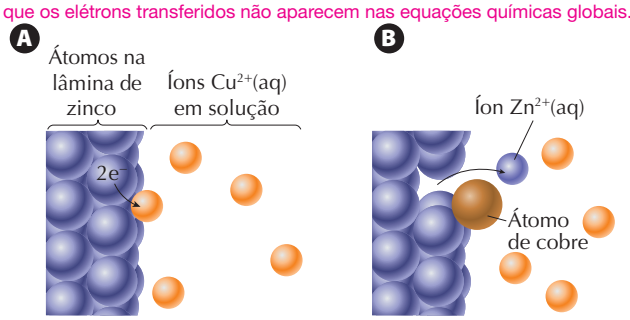
$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightleftharpoons Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$$

Segundo o entendimento atual, nessa reação química ocorre transferência de elétrons entre os átomos de zinco e os íons Cu^{2+} (**Fig. 3.2**). Mas como essa reação pode fornecer eletricidade aproveitável, visto que os elétrons se transferem diretamente do zinco para o cobre?

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

MODERNA

Caso necessário, revise com os estudantes os conceitos sobre oxirredução estudados no **Tema 5** da **Unidade 1**. Chame a atenção deles para o fato de que os elétrons transferidos não aparecem nas equações químicas globais.



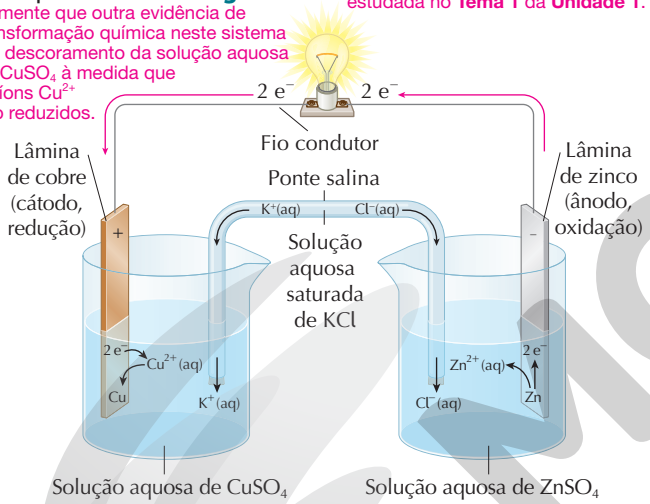
Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Figura 3.2 Representação esquemática da reação entre Zn(s) e Cu^{2+}(aq) em nível atômico. Em **(A)**, o íon Cu^{2+}(aq) entra em contato com a lâmina de zinco e recebe dois elétrons provenientes de um átomo de zinco; o íon Cu^{2+}(aq) é reduzido, e o átomo de zinco é oxidado. **(B)** O íon Zn^{2+}(aq) resultante da transferência de elétrons passa para a solução, e o átomo de cobre se deposita na lâmina. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O funcionamento de um dispositivo eletrônico é possível devido à corrente elétrica que circula pelos circuitos desse dispositivo. A corrente elétrica, por sua vez, pode ser definida como um fluxo de elétrons em um circuito, que pode realizar trabalho. Uma das formas de aproveitar a eletricidade é a pilha de Daniell, cujo funcionamento é representado na **Figura 3.3**.

A relação entre trabalho e energia é estudada no **Tema 1** da **Unidade 1**.

Comente que outra evidência de transformação química neste sistema é o descoramento da solução aquosa de $CuSO_4$ à medida que os íons Cu^{2+} são reduzidos.



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química:* a Ciência central. Tradução Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Figura 3.3 Representação esquemática da pilha de Daniell detalhando os processos de oxidação do Zn(s), da redução dos íons Cu^{2+} e a migração dos íons K^+ e Cl^- pela ponte salina. A lâmpada acesa indica a passagem de corrente elétrica do polo negativo para o polo positivo da pilha. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Uma lâmina ou placa de zinco mergulhada em uma solução aquosa de íons Zn^{2+}(aq) – provenientes de um sal de zinco solúvel, por exemplo, sulfato de zinco ($ZnSO_4$) – e, em um compartimento separado, uma placa de cobre mergulhada em uma solução aquosa de íons Cu^{2+}(aq) – por exemplo, sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$) – são conectadas por meio de fios condutores e de uma ponte salina ou material poroso. Essa montagem forma um circuito pelo qual passa um fluxo espontâneo de elétrons entre as placas por meio do fio condutor, por determinado tempo. Esses elétrons migram de uma região em que ocorre oxidação para uma região em que ocorre redução.

Os processos eletroquímicos são estudados nas Unidades **Humanos, metais e máquinas** e **Mundo tecnológico.**

Esse tipo de montagem, em que a reação química de oxirredução ocorre, é chamada célula eletroquímica. No caso das reações químicas que acontecem espontaneamente, as células são chamadas especificamente de **células galvânicas** ou **células voltaicas** (em homenagem a Galvani e Volta por seus estudos nessa área) ou, simplesmente, **pilhas**. A pilha de Volta é considerada a primeira célula eletroquímica. Outro tipo de montagem são as **células eletrolíticas**, que, por meio de uma fonte de eletricidade externa e empregando eletrodos inertes – por exemplo, grafite ou platina –, realizam processos não espontâneos, tais como decomposição de moléculas de água, redução do alumínio extraído da bauxita etc. Esses processos eletroquímicos são chamados de **eletrólise**.

Na pilha, as duas lâminas metálicas conectadas pelo circuito externo são os **eletrodos**. Por definição, o eletrodo no qual acontece oxidação é chamado **ânodo**, e o eletrodo no qual ocorre redução, **cátodo**. Além disso, cada um dos compartimentos da célula voltaica é denominado semicélula. Nas semicélulas ocorrem as **semirreações** de oxidação ou de redução, cujas equações químicas são representadas a seguir.

Ânodo (semirreação de oxidação):

$$Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$$

Cátodo (semirreação de redução):

$$Cu^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Cu(s)$$

À medida que o zinco metálico é oxidado no ânodo, os elétrons disponíveis migram pelo circuito externo até o cátodo, produzindo corrente elétrica. Nesse processo também ocorre a redução dos íons Cu^{2+}(aq).

Conforme a reação ocorre, a concentração de íons Zn^{2+}(aq) na solução aumenta, gerando excesso de cargas positivas nesse meio. Em contrapartida, a redução dos íons Cu^{2+}(aq) para cobre metálico diminui a concentração desses íons e deixa a solução com acúmulo de cargas negativas, provenientes dos íons SO_4^{2-}(aq) presentes na solução. Quando isso ocorre, a pilha para de funcionar em virtude do desequilíbrio de cargas.

Esse acúmulo de cargas elétricas nas soluções é evitado pela presença da **ponte salina**, um dispositivo em forma de U invertido preenchido com uma solução concentrada de um sal que não contenha os íons em solução e não reaja com essas espécies químicas ou com os eletrodos (por exemplo, cloreto de potássio, KCl). O excesso de cargas positivas na solução de sulfato de zinco é compensado pela migração de ânions provenientes da ponte salina (Cl^-(aq), por exemplo), e o excesso de cargas negativas na solução de sulfato de cobre(II) é compensado pela migração de cátions (K^+(aq), por exemplo). Assim, a presença da ponte salina mantém a neutralidade elétrica das soluções e permite que a pilha continue funcionando.

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

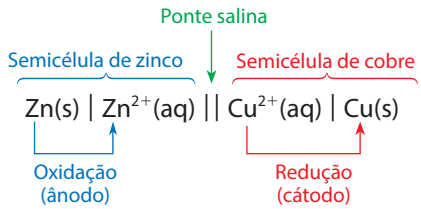
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Observe que parte do circuito elétrico da pilha de Daniell não é formada por condutores metálicos, mas por **soluções eletrolíticas**. Assim, o circuito fechado consiste basicamente de duas partes: uma parte externa, formada por fios condutores, e uma parte interna, na qual a corrente elétrica que atravessa as soluções aquosas é formada por um fluxo ordenado de cátions e ânions.

As pilhas e baterias comercializadas hoje em dia – por exemplo, as alcalinas – não utilizam cobre como eletrodo, e a ponte salina não é constituída por um líquido. Elas podem ser constituídas de materiais diversos, como veremos adiante, mas o princípio de funcionamento é o mesmo que o de uma pilha de Daniell, ou seja, elas fornecem energia elétrica por meio de uma reação espontânea de oxirredução, em que uma espécie química se oxida perdendo elétrons para uma espécie química que se reduz.

Representação esquemática para uma pilha

Para representar uma pilha sem precisar desenhá-la, a IUPAC padronizou uma maneira de escrevê-la de forma simbólica, chamada de diagrama de célula. Utilizando como exemplo a pilha de Daniell, tem-se:



As barras verticais simples indicam as interfaces que separam cada eletrodo da solução eletrolítica, e a barra vertical dupla representa a ponte salina. Primeiro, representa-se o ânodo, separando por uma barra simples a espécie que se oxida da espécie resultante da oxidação. Depois da barra dupla, representa-se o cátodo, separando por barra simples a espécie que se reduz da espécie resultante da redução.

Diferença de potencial e espontaneidade de reações

A **diferença de potencial elétrico** (ou ddp) existente entre os eletrodos promove a movimentação espontânea dos elétrons pelo condutor e a movimentação dos íons na solução: quanto maior a ddp, maior o trabalho realizado. Esse trabalho faz funcionar os equipamentos que a pilha alimenta.

Essa diferença de potencial, também denominada tensão elétrica, é expressa no Sistema Internacional de Unidades (SI) em volt (V), em homenagem a Alessandro Volta.

O movimento espontâneo dos elétrons ocorre quando eles são transferidos de uma espécie química com menor potencial de redução para outra com maior potencial. A espontaneidade pode ser prevista utilizando a equação abaixo, em que, por convenção, se utilizam os potenciais-padrão de redução (E°_{red}) dos processos de redução e de oxidação a serem analisados, nas condições-padrão.

$$E^\circ = E^\circ_{red}\ (\text{cátodo}) - E^\circ_{red}\ (\text{ânodo})$$

Assim, pode-se afirmar que valores de E° positivos indicam processos de oxirredução espontâneos e valores de E° negativos indicam processos de oxirredução não espontâneos, nas condições-padrão.

Vamos comparar a semicélula de zinco com a de cobre, na pilha de Daniell, com base nos valores de potenciais-padrão de redução, que podem ser consultados em uma tabela ao final deste Volume.

$$E^\circ_{pilha} = E^\circ_{red}\ (\text{cátodo}) - E^\circ_{red}\ (\text{ânodo})$$

$$E^\circ_{pilha} = E^\circ_{red}\ (Cu^{2+}/Cu) - E^\circ_{red}\ (Zn^{2+}/Zn)$$

$$E^\circ_{pilha} = +0{,}34\,V - (-0{,}76\,V) = +1{,}10\,V$$

Nota-se que o potencial-padrão de redução do cobre é maior que o do zinco e que a diferença de potencial, nas condições-padrão, entre as semicélulas é de +1,10 V. A ddp positiva reflete a espontaneidade do processo observado na pilha de Daniell nas condições-padrão.

Pilhas e baterias primárias

Os geradores eletroquímicos cujos reagentes não podem ser regenerados, em que a diferença de potencial diminui com o uso até chegar a zero, são denominados pilhas e baterias primárias.

Pilha seca (pilha comum)

Essa pilha foi desenvolvida pelo engenheiro francês Georges Leclanché (1839-1882) em 1866 (**Fig. 3.4**).

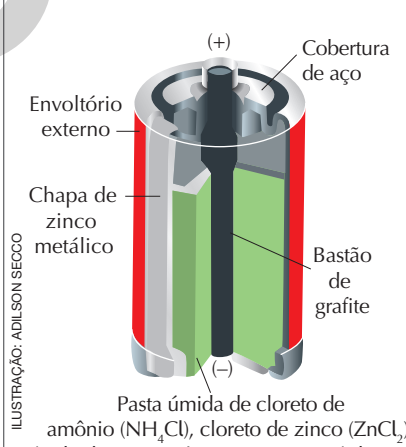


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 3.4 Esquema simplificado em corte de uma pilha de Leclanché. Seu funcionamento cessa quando todo MnO_2 é convertido em óxido de manganês(III) (Mn_2O_3). A pasta úmida funciona tanto como ponte salina quanto como fonte de eletrólito. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte consultada: BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000.

Um dos problemas na utilização das pilhas secas é a deterioração do revestimento de zinco metálico, que causa vazamento do material interno da pilha e danifica o aparelho eletroeletrônico. Por isso, nessas pilhas são adicionadas pequenas quantidades de sais de mercúrio e outros aditivos

Avise aos estudantes que é possível encontrar em outras referências, força motriz (fem) como sinônimo de diferença de potencial. Entretanto, o uso desse termo não é recomendado pela IUPAC, pois a ddp não é uma força.

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

MODERNA

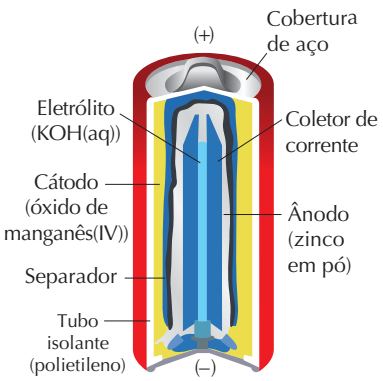
Fique por dentro

Resolução Conama nº 401/2008

A resolução estabelece critérios para o conteúdo de compostos tóxicos em pilhas e baterias e para o gerenciamento adequado desses produtos. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_401.pdf>.

Acesso em: 22 jul. 2020.

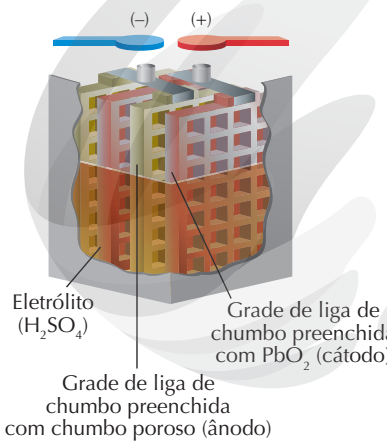
ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO



Fonte consultada: BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000.

Figura 3.5 Esquema simplificado em corte de uma pilha alcalina. Essa pilha fornece uma ddp de cerca de 1,5 V, ou seja, a mesma tensão elétrica da pilha de Leclanché. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al. Química*: a Ciência central. Tradução Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Figura 3.6 Esquema simplificado em corte de uma bateria de chumbo-óxido de chumbo(IV) utilizada em automóveis. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

capazes de minimizar a oxidação do zinco. Outro problema diz respeito à toxicidade. Além dos sais de mercúrio, em algumas dessas pilhas, o eletrodo consiste em uma liga de zinco, cádmio e chumbo, cujo objetivo é obter propriedades mecânicas adequadas. Segundo a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 401/2008, as pilhas secas devem atender aos seguintes limites máximos (em massa): 0,0005% de mercúrio, 0,002% de cádmio e 0,1% de chumbo.

Essa pilha fornece uma dpp de cerca de 1,5 V. Os processos envolvidos são complexos; no entanto, suas semirreações principais podem ser representadas da seguinte forma:

Ânodo:

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$$

Cátodo:

$$2\,MnO_2(s) + 2\,NH_4^+(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Mn_2O_3(s) + 2\,NH_3(g) + H_2O(l)$$

Pilha alcalina

Em meados do século XX, a pilha alcalina (**Fig. 3.5**) foi introduzida no mercado. Esse tipo de pilha é uma versão modificada da pilha seca. Utiliza óxido de manganês(IV) como cátodo e zinco em pó como ânodo, mas contém uma solução concentrada de hidróxido de potássio (KOH) – cerca de 30% em massa. Por essa razão, é denominada pilha alcalina. Para garantir melhor vedação e evitar o vazamento da solução, a pilha é revestida com uma chapa de aço.

A pilha alcalina apresenta maior vida útil que a pilha seca, porque não forma gás. No entanto, o processo de obtenção do hidróxido de potássio utilizado na sua composição aumenta os custos de fabricação e seu preço final. Dessa forma, dependendo da aplicação, a pilha seca ainda pode ser uma opção de melhor custo-benefício para o consumidor. Mas deve-se levar em conta também que as pilhas alcalinas representam menor risco do ponto de vista ambiental.

As semirreações envolvidas no processo de geração de energia elétrica são descritas pelas equações químicas a seguir.

Ânodo:

$$Zn(s) + 2\,OH^-(aq) \longrightarrow Zn(OH)_2(s) + 2\,e^-$$

Cátodo:

$$2\,MnO_2(s) + 2\,H_2O(l) + 2\,e^- \longrightarrow 2\,MnOOH(s) + 2\,OH^-(aq)$$

Pilhas e baterias secundárias

Algumas pilhas e baterias podem ser recarregadas e reutilizadas; nesse caso, são chamadas pilhas e baterias secundárias. A vantagem desses dispositivos é o aumento de sua vida útil.

Bateria de chumbo-óxido de chumbo(IV)

Esse gerador tem origem no sistema recarregável construído, em 1859, pelo físico francês Gaston Planté (1834-1889). A bateria de chumbo é responsável pela ignição e pelo funcionamento da parte elétrica dos automóveis e de alguns motores elétricos; também são encontradas em *nobreaks*.

Ela consiste em um arranjo de seis pilhas conectadas em série, cada uma produzindo 2 V de tensão, resultando em uma ddp total de 12 V. Cada pilha é constituída de um cátodo de óxido de chumbo(IV), PbO_2, e um ânodo de chumbo poroso (**Fig. 3.6**). Os eletrodos estão imersos em solução aquosa de ácido sulfúrico (30% a 35% em massa), no caso das baterias não seladas, ou separados por um material isolante embebido nessa solução, no caso das baterias seladas. As principais semirreações envolvidas no processo são descritas pelas equações químicas a seguir. Note que ambas as semirreações formam o mesmo produto sólido, o sulfato de chumbo(II).

Comente que a grade é feita de uma liga de chumbo, e não de chumbo metálico, principalmente para que o material tenha maior resistência mecânica.

MODERNA

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

Ânodo:

$$Pb(s) + HSO_4^-(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2\,e^-$$

Cátodo:

$$PbO_2(s) + 3\,H^+(aq) + HSO_4^-(aq) + 2\,e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2\,H_2O(l)$$

Entre os potenciais problemas ambientais associados a esse tipo de bateria está o lançamento de óxidos de enxofre (SO_x) e chumbo particulado na atmosfera quando ele é incinerado. A legislação proíbe tanto o descarte dessas baterias em aterros sanitários quanto sua incineração.

Baterias de níquel-cádmio (NiCd) e níquel-hidreto metálico (NiMH)

O intenso crescimento da utilização de dispositivos eletroeletrônicos portáteis tem aumentado a demanda por baterias leves e rapidamente recarregáveis. Uma das baterias mais comuns com essas características é a de níquel-cádmio (NiCd), desenvolvida em 1899 pelo engenheiro sueco Ernst Waldemar Jungner (1869-1924). Durante a descarga, o cádmio metálico é oxidado no ânodo da bateria, formando hidróxido de cádmio(II), enquanto o hidróxido(óxido) de níquel(III), NiO(OH), é reduzido no cátodo, formando hidróxido de níquel(II) hidratado. O processo é realizado em meio alcalino, em função da presença de solução aquosa de hidróxido de potássio (20% a 28% em massa). Cada pilha individual fornece cerca de 1,30 V e, normalmente, elas são associadas em série.

Ânodo:

$$Cd(s) + 2\,OH^-(aq) \longrightarrow Cd(OH)_2(s) + 2\,e^-$$

Cátodo:

$$2\,NiO(OH)(s) + 4\,H_2O(l) + 2\,e^- \longrightarrow 2\,Ni(OH)_2 \cdot H_2O(s) + 2\,OH^-(aq)$$

Uma das principais desvantagens da utilização dessas baterias é a presença de cádmio em sua composição, o que proíbe seu descarte em aterros sanitários ou sua incineração. Por isso, elas devem ser encaminhadas aos fornecedores, assim como as baterias de chumbo-óxido de chumbo(IV). O problema ambiental tem sido minimizado com o desenvolvimento, na década de 1980, de baterias de níquel-hidreto metálico (NiMH), que geram uma ddp de cerca de 1,35 V. A reação no cátodo dessas baterias é a mesma que ocorre nas baterias NiCd, mas a reação no ânodo é muito diferente. O ânodo consiste em uma liga metálica (M) com capacidade de se associar a átomos de hidrogênio (H) em sua superfície, levando à formação de um hidreto metálico (M^+H^-).

Ânodo:

$$MH(s) + OH^-(aq) \longrightarrow M(s) + H_2O(l) + e^-$$

Cátodo:

$$NiO(OH)(s) + 2\,H_2O(l) + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2 \cdot H_2O(s) + OH^-(aq)$$

A **Tabela 3.1** faz uma comparação de algumas propriedades que as baterias de níquel-cádmio e níquel-hidreto apresentam.

Tabela 3.1 Comparação entre as baterias de NiCd e NiMH

Custo de produção	As baterias NiMH têm um alto custo de produção em relação às baterias NiCd.
Armazenagem de carga	A energia fornecida por massa de material é maior nas baterias NiMH.
Temperatura	Ambas operam na faixa de −20 °C a 45 °C, sendo que as baterias de NiMH são mais eficientes entre 15 °C e 20 °C, e as baterias de NiCd na faixa de 30 °C a 36 °C.
Ciclos de carga e descarga	Ambas suportam de 400 a 500 ciclos com perda de 20% da capacidade de carga.

Fonte consultada: LINDEN, D.; REDDY, T.B. *Handbook of batteries*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

Fique por dentro

Células a combustível: Energia limpa a partir de fontes renováveis

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. *Química Nova na Escola*, v. 15, 2012.

O artigo discute os princípios do funcionamento de células a combustível enfatizando que esse tipo de pilha não libera resíduos nocivos ao ambiente.

Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2020.

Verifique a compreensão dos estudantes acerca da representação do hidróxido de níquel(II) hidratado. Os compostos de coordenação são mencionados nas Unidades **Esportes** e **Humanos, metais e máquinas**. Se julgar conveniente, comente apenas que essa água é chamada água de hidratação (ou de cristalização) e está associada ao sólido em uma estequiometria definida e característica.

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

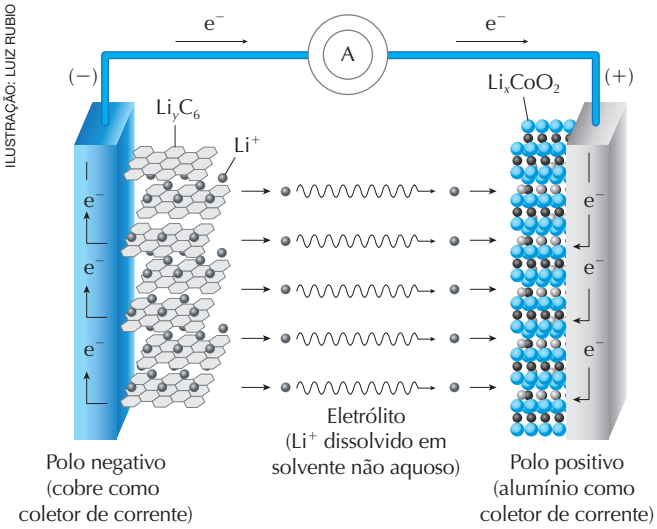
MODERNA

Baterias de íon-lítio A nanotecnologia é discutida na Unidade **Mundo tecnológico**.

A bateria mais moderna utilizada nos aparelhos eletroeletrônicos portáteis é a de íon-lítio (Li-ion, na simbologia em inglês). Seu desenvolvimento, estimulado, entre outros fatores, pela densidade muito menor do lítio comparada à do níquel, o que permite produzir baterias mais leves, ganhou o Prêmio Nobel de Química de 2019. O funcionamento dessa bateria tem como base a capacidade de os íons Li^+ serem inseridos e removidos reversivelmente de certos sólidos com estruturas lamelares. Tais estruturas, que apresentam átomos dispostos em planos (lâminas), são obtidas por meio da nanotecnologia.

O ânodo é formado por uma associação de grafite com cobre metálico. Os íons se intercalam entre os planos de estruturas hexagonais de carbono, formando a espécie representada por Li_yC_6. A saída dos íons corresponde à oxidação do eletrodo. Os íons lítio migram por meio de um eletrólito não aquoso, $Li^+(solv.)$, até o polo positivo, onde se intercalam na estrutura de um óxido de cobalto, por exemplo, e lítio (Li_xCoO_2). Essa intercalação provoca a redução do cátion Co^{3+} do óxido (**Fig. 3.7**).

ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO



Fonte: BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000.

Figura 3.7 Esquema simplificado do processo de descarga de uma bateria de íon-lítio. Essa bateria apresenta uma ddp entre 3,0 V e 3,5 V. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

As reações químicas que ocorrem na bateria de íon-lítio podem ser representadas como segue.

Ânodo:

$$Li_yC_6(s) \longrightarrow C_6(s) + y\,Li^+(solv.) + y\,e^-$$

Cátodo:

$$Li_xCoO_2(s) + y\,Li^+(solv.) + y\,e^- \longrightarrow Li_{(x+y)}CoO_2(s)$$

Assim como as baterias de níquel-hidreto metálico, as de íon-lítio representam riscos ambientais menores que as baterias de níquel-cádmio e, por isso, devem ser escolhidas sempre que possível. Devido ao seu desempenho, as baterias de íon-lítio podem ser utilizadas em carros elétricos, cuja demanda energética é alta em comparação à de dispositivos portáteis. A substituição da fonte de energia dos automóveis é uma importante alternativa para reduzir o uso de combustíveis fósseis e, consequentemente, minimizar os efeitos nocivos associados à queima desses combustíveis.

A recarga de pilhas e baterias

O processo de recarga de pilhas e baterias secundárias pode ser considerado uma eletrólise com **eletrodos ativos**: os produtos sólidos formados durante as reações espontâneas ficam aderidos aos eletrodos, e a aplicação de uma corrente elétrica permite que a reação não espontânea ocorra, regenerando os reagentes e viabilizando a reutilização desses dispositivos. Na recarga das baterias de automóveis, por exemplo, o alternador converte a energia mecânica, disponibilizada pelo motor, em energia elétrica. A energia elétrica, por sua vez, é empregada na reação de oxirredução não espontânea que ocorre no processo de recarga da bateria. Esse processo só é possível porque as duas semirreações são reversíveis.

No caso de baterias como as de íon-lítio, a recarga é feita conectando-as à tomada, com o auxílio de um retificador – dispositivo que converte corrente alternada em corrente contínua.

:: Durabilidade e descarte de pilhas e baterias

Por que as pilhas, mesmo as recarregáveis, deixam de funcionar após algum tempo?

A geração de energia elétrica nas pilhas apresenta um fator limitante: os eletrodos são consumidos ao longo do tempo até praticamente se esgotarem. Esse consumo contínuo reduz a diferença de potencial elétrico entre os eletrodos até o instante em que a pilha deixa de fornecer a energia necessária para fazer funcionar os aparelhos eletroeletrônicos.

O tempo de vida útil das pilhas e baterias primárias é relativamente curto, o que torna vantajoso o uso dos modelos recarregáveis, pois se reduz a frequência com que esses dispositivos precisam ser descartados, diminuindo a geração de lixo. No entanto, as pilhas e baterias secundárias também têm uma vida útil limitada, porque o processo de recarga não ocorre com 100% de eficiência.

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

O descarte inadequado de pilhas e baterias, recarregáveis ou não, polui o solo e os lençóis freáticos, comprometendo o uso desses recursos no abastecimento de água potável e na produção de alimentos. Muitos dos resíduos contêm metais potencialmente tóxicos, como mercúrio, chumbo, cádmio e níquel, os quais são bioacumulativos, ou seja, a concentração desses poluentes aumenta progressivamente ao longo da cadeia trófica. Portanto, elas jamais devem ser descartadas em lixo comum, evitando a contaminação do ambiente por vazamentos.

A Resolução Conama nº 401, de 2008, estabelece limites máximos para os teores de chumbo, mercúrio e cádmio e seus compostos em pilhas e baterias, além de estipular critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado desses produtos. Além da redução dos componentes tóxicos, esse documento atribuiu aos fabricantes e importadores de pilhas e baterias maior responsabilidade pelo ciclo total dos produtos – ou seja, da produção ao descarte. Quando exauridas, as pilhas e baterias devem ser recolhidas em pontos de coleta especializados, que incluem os estabelecimentos que comercializam esses produtos, as assistências técnicas autorizadas e os importadores. Além dos benefícios ambientais, esse sistema de **logística reversa** reduz a dependência do país da importação de material para a construção de novos dispositivos.

Como ação paliativa, também recomenda dar preferência à utilização de pilhas recarregáveis, que apresentam maior vida útil. Essas medidas, entretanto, embora necessárias e em vigor, mostram-se insuficientes para solucionar, na prática, o problema do descarte inadequado desses resíduos.

Os fabricantes de pilhas e baterias devem informar aos consumidores, de forma clara e visível, em língua portuguesa ou com a simbologia padronizada, que o descarte não deve ser feito em lixo comum (**Fig. 3.8 A**). Caso os fabricantes adotem sistemas de reciclagem, podem também informá-lo por meio de simbologia apropriada (**Fig. 3.8 B**). O consumidor também deve ser advertido sobre os riscos que o uso e o descarte inadequados podem causar ao ambiente e à saúde (**Fig 3.8 C**).

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO; FOTO: FABIO YOSHIHITO MATSUURA/MOSAICO FOTOGRAFIA

Figura 3.8 **(A)** Símbolo utilizado para indicar que pilhas e baterias não devem ser descartadas em lixo comum. **(B)** Símbolo indicativo de que as pilhas e baterias podem ser recicladas. **(C)** Bateria de íon-lítio em que se observam as informações técnicas do dispositivo, além do texto sobre os riscos ambientais e à saúde.

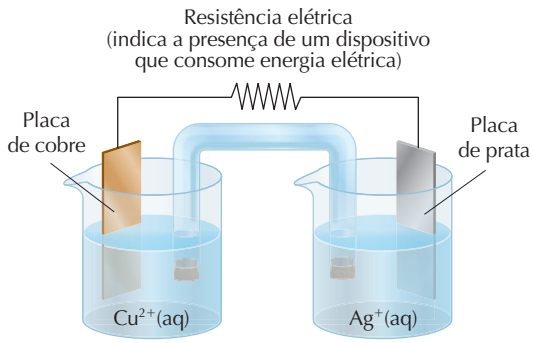
Além disso, os fabricantes são incentivados a promover campanhas de educação ambiental e informativas que ajudem a população a seguir os procedimentos de descarte adequados.

Atividades

Registre em seu caderno

Sempre que considerar necessário, consulte a tabela de potenciais-padrão de redução ($E°$) ao final deste Volume.

1. A Resolução Conama nº 401/2008 atribui maior responsabilidade pós-consumo aos fabricantes e aos importadores de pilhas e baterias. Entretanto, qual é o papel dos consumidores e dos vendedores nesse ciclo? Como eles podem contribuir para a destinação adequada desses dispositivos?
2. Considere uma pilha na qual são utilizados eletrodos de cobre e de níquel e soluções eletrolíticas de nitrato de cobre(II), nitrato de níquel(II) e nitrato de potássio (todas com concentração de 1 mol L^{-1}), além dos demais componentes necessários para seu funcionamento. Faça uma ilustração dessa pilha, indicando todos os componentes presentes por meio de legendas. Descreva o seu funcionamento, apresentando as semirreações e o cálculo da ddp; faça o diagrama de célula.
3. A pilha geralmente utilizada em marca-passos é a de lítio-iodo. Determine a equação global da pilha a partir das semirreações e calcule o potencial da célula galvânica formada.
   Dados: $E°(Li^+/Li) = -3{,}04$ V; $E°(I_2/I^-) = +0{,}54$ V.
4. Explique como a pilha utiliza uma reação química espontânea para gerar eletricidade.
5. O esquema a seguir representa uma pilha de cobre e prata. Durante seu funcionamento, a placa de cobre se desgasta, e um sólido se deposita na placa de prata.



(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO

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

MODELO

Com base no esquema e nas informações fornecidas, faça o que se pede.

a) Em que sentido se estabelece o fluxo de elétrons no fio condutor?

b) Qual é o sentido da movimentação dos íons na ponte salina, considerando que esta seja uma solução saturada de KCl?

c) Qual eletrodo atua como cátodo e qual atua como ânodo?

d) Expresse, por meio de equações químicas, o que ocorre em cada eletrodo.

e) Equacione a reação global dessa pilha.

f) Represente essa pilha por meio de um diagrama de célula.

6. Em uma pilha ocorre espontaneamente o fluxo de elétrons do eletrodo de magnésio (Mg) para o eletrodo de zinco (Zn), no qual um sólido se deposita.

a) Identifique o eletrodo no qual ocorre oxidação e o eletrodo no qual ocorre redução. Como eles são chamados?

b) Represente a pilha por meio de uma ilustração esquemática e por meio de um diagrama de célula.

7. (UFG-GO) Células a combustível geram eletricidade usando reagentes que são fornecidos continuamente. Veículos movidos com essas células são soluções promissoras para a emissão-zero, ou seja, não são produzidos gases poluentes, uma vez que o único produto é a água. Considere duas células a combustível, sendo uma alcalina, empregando KOH(aq) como eletrólito, e uma de ácido fosfórico, empregando H_3PO_4(aq) como eletrólito. Com base nas semirreações abaixo, calcule o potencial padrão de cada célula.

	E°/V
$O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- \longrightarrow 2\,H_2O(l)$	+1,23
$O_2(g) + 2\,H_2O(l) + 4\,e^- \longrightarrow 4\,OH^-(aq)$	+0,40
$2\,H^+(aq) + 2\,e^- \longrightarrow H_2(g)$	0,00
$2\,H_2O(l) + 2\,e^- \longrightarrow H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$	−0,83

8. Construiu-se uma pilha utilizando como eletrodos uma lâmina de prata e uma lâmina de ferro. Os eletrodos foram conectados aos terminais de um voltímetro para medir a ddp dessa pilha.

a) Qual dos eletrodos atua como ânodo e qual atua como cátodo? Justifique com base nos potenciais-padrão de redução dos metais utilizados.

b) Calcule a ddp dessa pilha, considerando que esteja em condições-padrão.

c) Represente o diagrama de célula dessa pilha.

9. Calcule a ddp de uma pilha formada pelo par de semirreações Ag^+/Ag e Al^{3+}/Al. Escreva, em seu caderno, a equação global da reação quando a pilha opera em condições-padrão.

10. Observe a pilha de mercúrio representada a seguir.

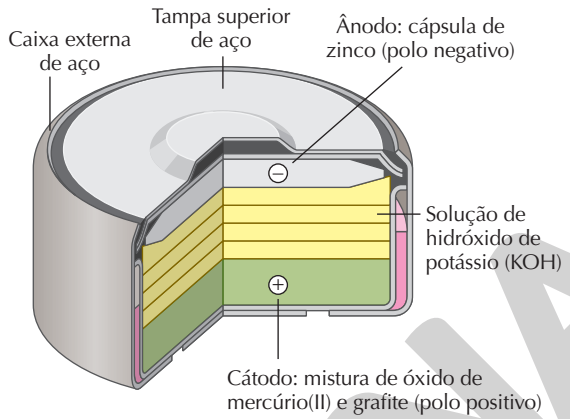


ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte consultada: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química:* questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

a) Qual é o eletrólito dessa pilha?

b) Qual elemento químico se comporta como agente redutor?

c) Qual elemento químico se comporta como agente oxidante?

d) Escreva a equação química global da reação que acontece nessa pilha.

11. (UFRN) As pilhas níquel-cádmio são consideradas as de maior impacto ambiental e, devido à presença do elemento químico cádmio, são altamente tóxicas. Essas pilhas, muito usadas nos telefones celulares, não devem, portanto, ser descartadas no lixo comum. Os valores dos potenciais normais de eletrodo da pilha níquel-cádmio são:

$Cd(OH)_2(s) + 2\,e^- \rightleftharpoons Cd(s) + 2\,OH^-(aq)$ $E° = -0{,}81\,V$

$NiO(OH)(s) + H_2O(l) + e^- \rightleftharpoons$

$\rightleftharpoons Ni(OH)_2(s) + OH^-(aq)$ $E° = 0{,}52\,V$

a) Durante a descarga da pilha, o cádmio se oxida ou se reduz? Justifique.

b) Se $E_T = E_C - E_A$, explique se a pilha níquel-cádmio, em condições normais, poderá ser usada para fazer funcionar um dispositivo eletrônico que necessite de uma diferença de potencial de 1,52 V.

Nota dos autores: E_T = potencial-padrão de redução total; E_C = potencial-padrão de redução do cátodo; E_A = potencial-padrão de redução do ânodo.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

TEMA 4

Ondulatória

Por dentro da BNCC

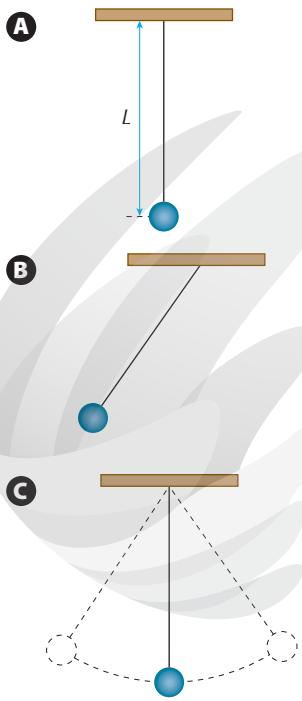
Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades da BNCC: EM13CNT301; EM13CNT307

NOONVIRACHADA/SHUTTERSTOCK

Figura 4.1 Telefone construído usando latas e barbante.

No dia a dia estamos rodeados por **ondas**, que são perturbações que se propagam em um determinado meio. As ondas sonoras geradas, por exemplo, em um instrumento musical, se propagam no ar até serem captadas pelos nossos ouvidos. Na tradicional brincadeira com telefone usando latas e barbante (**Fig. 4.1**), as ondas sonoras se propagam pelo barbante. Há, no entanto, ondas que não precisam de um meio material para se propagar, caso das ondas eletromagnéticas, como a luz do Sol, e das ondas de transmissão de rádio, televisão e telefonia celular que se propagam no vácuo.

Neste tema, vamos começar os estudos pelos **movimentos periódicos**, aqueles que se repetem em determinados intervalos de tempo e são essenciais para os estudos das **ondas**.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 4.2 (A) Pêndulo simples na posição de equilíbrio. **(B)** A esfera é deslocada para a lateral e é solta. **(C)** A esfera passa a oscilar, ou seja, a deslocar-se de um lado a outro em um dado intervalo de tempo.

Pêndulo simples

O físico italiano Galileu Galilei (1564-1642), ao estudar o movimento periódico de pêndulos, percebeu que poderia usar sua frequência cardíaca como referência para medir a frequência de oscilação desses pêndulos e descobriu que ela não dependia da massa do objeto preso. Esse conceito foi essencial para a invenção do relógio de pêndulo, em 1656, pelo físico neerlandês Christiaan Huygens (1629-1695); é importante também em diversas outras aplicações tecnológicas envolvendo eventos que ocorrem em intervalos de tempo iguais, como em telecomunicações e na geração de energia elétrica.

Vamos começar o estudo dos movimentos periódicos considerando o caso de um **pêndulo simples** (**Fig. 4.2 A**). Na **Figura 4.2 B**, o movimento inicia quando o pêndulo é deslocado para uma das laterais e solto em seguida; assim, o pêndulo passa a se deslocar de um lado para o outro (**Fig. 4.2 C**). O movimento periódico do pêndulo, também chamado de **movimento oscilatório**, consiste no deslocamento entre dois pontos em um intervalo de tempo que, se não houver resistência, é constante.

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

MODELO

Para descrever esse movimento, precisamos definir as grandezas usadas como referência. O movimento completo, que consiste no movimento de ida e volta de onde a esfera foi solta, é uma **oscilação**, e o intervalo de tempo necessário para a realização de uma oscilação é chamado de **período** (T). O número de vezes que esse movimento é repetido por um intervalo de tempo é chamado de **frequência** (f).

O período e a frequência são grandezas inversamente proporcionais:

$$T = \frac{1}{f}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida do período é o segundo (s) e a da frequência, medida em oscilações por segundo, é o hertz (Hz).

No caso de um pêndulo simples e considerando pequenas oscilações, isto é, oscilações cujo ângulo com a vertical não é maior do que 5°, o cálculo do período (T) é dado por:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

em que L é o comprimento do fio do pêndulo simples e g o módulo da aceleração da gravidade.

Com base nessa expressão, é possível notar que, nas condições de pequenas oscilações, o período depende apenas do comprimento do fio do pêndulo, ou seja, quanto maior o comprimento do fio, maior será o período.

Podemos descrever o movimento do pêndulo simples com relação a sua velocidade. Vamos considerar que um pêndulo oscile entre três pontos, conforme mostra a **Figura 4.3**.

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

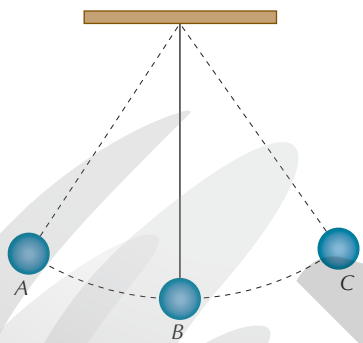


Figura 4.3 Pêndulo simples oscilando.

O pêndulo parte do ponto A, onde tem velocidade inicial nula. O valor da velocidade aumenta à medida que o pêndulo se desloca até o ponto B, onde atinge valor máximo. Em seguida, o valor da velocidade começa a diminuir e o pêndulo se eleva até atingir o ponto C com velocidade nula. Então, ele começa a se deslocar novamente em direção ao ponto B e o valor de sua velocidade aumenta no sentido oposto ao do inicial, chegando novamente ao ponto B com velocidade máxima. Nesse momento, a velocidade começa a diminuir novamente e o pêndulo se desloca em direção ao ponto A, repetindo o movimento.

Um exemplo de movimento oscilatório ocorre quando um material a ser reciclado, neste caso o plástico, é colocado em uma máquina extrusora (**Fig. 4.4**). Nessa máquina, o plástico moído, que está inicialmente dentro de um saco preso por um fio a um suporte, cai, por uma abertura na parte inferior do saco, sobre o recipiente de alimentação da máquina; em seguida, passa por diferentes processos, até ser moldado no produto final, que pode ser filmes e tubos plásticos, por exemplo. Quando o suporte no qual o saco está preso por um fio é posicionado sobre a extrusora, o conjunto saco mais fio começa a oscilar ligeiramente, podendo ser considerado um pêndulo. Vamos supor que o fio que prende esse saco tenha 2 m de comprimento.

Qual é o período do pêndulo? E a sua frequência? À medida que a massa do saco vai diminuindo, o que ocorre com a frequência da oscilação? Justifique. Considere $g = 10\ \text{m s}^{-2}$ e $\pi = 3{,}14$.

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

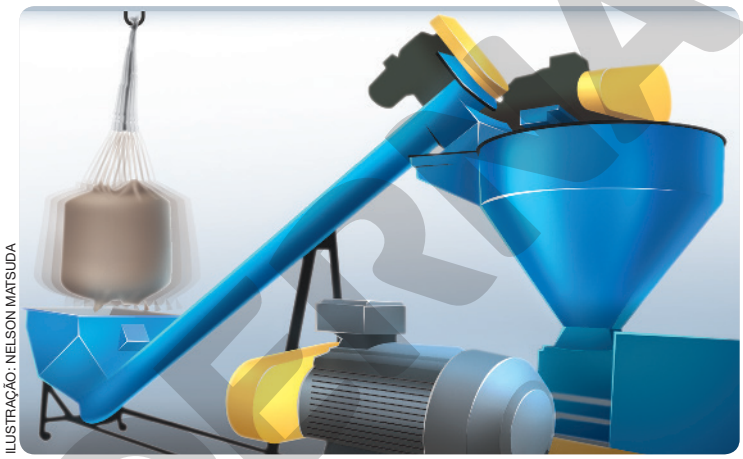


Figura 4.4 Representação esquemática de uma máquina extrusora (recicladora) de plástico.

O período do pêndulo simples é dado por:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{2\ \text{m}}{10\ \text{m s}^{-2}}}$$

$$\therefore T \simeq 2{,}8\ \text{s}$$

A frequência pode ser calculada como:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2{,}8\ \text{s}} \therefore f = 0{,}35\ \text{Hz}$$

O período e a frequência não dependem da massa suspensa no pêndulo. Ou seja, ao dobrar o valor da massa, o período e a frequência do pêndulo simples permanecerão os mesmos.

O sistema massa-mola

Alguns amassadores de latas de alumínio usados em reciclagem possuem uma mola para manter para cima, quando não está sendo usada, a peça que amassa a lata (**Fig. 4.5 A**). Ao puxarmos a alavanca para baixo, a peça desce e a mola aplica uma força no sentido da força de equilíbrio (**Fig. 4.5 B**). Uma força desse tipo, que traz o corpo de volta para o equilíbrio, é chamada de **força restauradora**. Muitas vezes é importante analisar o movimento e as possíveis oscilações resultantes em sistemas com forças restauradoras.

MODERNA

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

FOTOS: NATURA LIGHT RELEASED/ ALAMY/FOTOARENA

Figura 4.5 **(A)** Posição em que a mola dentro do amassador está na posição de equilíbrio, sem ser comprimida. **(B)** Posição em que a mola está sendo comprimida.

Vamos analisar um modelo simplificado de um corpo preso a uma mola (uma força restauradora) e a oscilação presente nesse sistema; por exemplo, uma mola conectada a uma massa que desliza seguindo uma trajetória retilínea em um plano sem atrito, também chamado de **sistema massa-mola**. A oscilação da massa ocorre em razão de a força elástica ($F_{elást} = -k \cdot x$) da mola agir como uma força restauradora orientada para a posição de equilíbrio do sistema. Esse movimento também é conhecido como **movimento harmônico simples** (MHS).

Para iniciar o MHS, a mola é deslocada da posição de equilíbrio (**Fig. 4.6 A**) até o ponto *A* por uma força externa (**Fig. 4.6 B**). Assim que a massa é solta, a mola se contrai levando a massa até o ponto 0 e a partir daí a mola é pressionada pela inércia da massa até que esta chegue ao ponto $-A$ (**Fig. 4.6 C**). Como, nesse momento, a mola está comprimida, ela se distende levando a massa até o ponto 0. A partir desse ponto, a inércia da massa faz com que a mola continue se distendendo e a massa chega novamente ao ponto *A* (se não houver resistência). Em seguida, reinicia-se o ciclo sem a aplicação de nova força externa.

A distância entre a posição de equilíbrio e o ponto *A* ou $-A$, ou seja, entre os pontos extremos do movimento, é denominada **amplitude** da oscilação.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

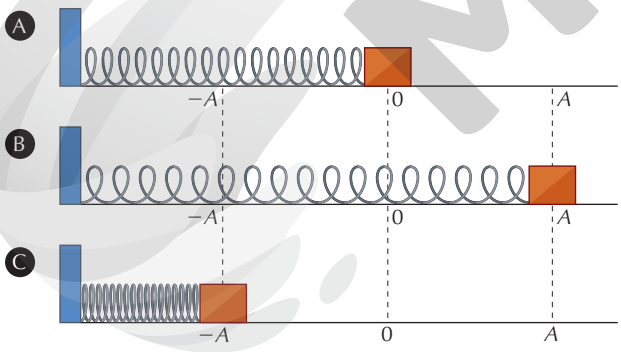


Figura 4.6 **(A)** Sistema massa-mola em repouso na posição de equilíbrio. **(B)** Massa deslocada para o ponto *A*. **(C)** Massa no ponto $-A$.

O período do sistema massa-mola é calculado pela seguinte expressão:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

em que *T* é o período, medido em segundos, *m* é a massa, medida em kg, e *k* é a constante da mola, medida em $N\,m^{-1}$.

Propagação de um pulso

O sistema representado na **Figura 4.7** mostra uma linha de separação de materiais recicláveis. Os materiais misturados são colocados na linha pela caçamba e passam por um pré-processamento onde são triturados e separados mecanicamente. Posteriormente são utilizados sensores que emitem radiação infravermelha que incide no material; dependendo de como ela é refletida, o material é identificado. Por último, ele é separado por densidade, usando ar comprimido que o empurra para o seu respectivo recipiente de separação. A radiação infravermelha é uma onda eletromagnética; nesta seção, estudaremos as características principais das ondas e os fenômenos ondulatórios.

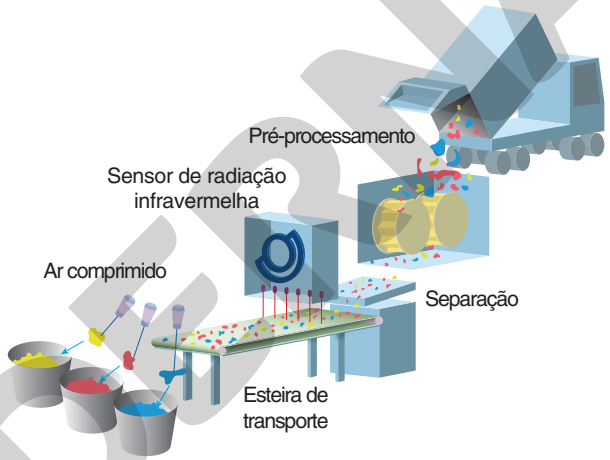


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 4.7 Representação esquemática de um sistema de separação de materiais recicláveis. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Esse exemplo envolvendo a separação de materiais nos mostra uma divisão muito frequente na Física: fenômenos nos quais a matéria se propaga de fato e fenômenos em que há propagação de energia sem propagação de matéria. Fenômenos que estão nesta última categoria, ou seja, que propagam energia sem propagar matéria, são chamados de ondulatórios.

Ondas que se propagam necessariamente em meios materiais são chamadas de **ondas mecânicas**. Como exemplos, temos as ondas sonoras, as ondas do mar e as ondas sísmicas que são criadas por vibrações na terra, como em um terremoto. Ondas que se propagam em alguns meios materiais e no vácuo são chamadas de **ondas eletromagnéticas**. Os principais exemplos de ondas eletromagnéticas são as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

Para entender as características principais das ondas, iniciaremos com um modelo mecânico. Considere uma pessoa segurando a extremidade de uma corda presa a um ponto de uma parede vertical ou, conforme mostra a **Figura 4.8**, duas cordas. Ela então dá uma única sacudida em cada corda na direção vertical e gera uma perturbação

que se desloca até a extremidade oposta. Essa única perturbação que se propaga por toda a corda é chamada de **pulso**. Sua principal característica é transportar energia sem transportar matéria.

DENIS KORNILOV/SHUTTERSTOCK

Figura 4.8 Nesse exercício, há a geração e a propagação de um pulso em cada corda, meio pelo qual o pulso se propaga.

Já uma sequência de pulsos repetidos forma uma **onda**, que, assim como o pulso, também transporta energia sem transportar matéria. O pulso e a onda podem oscilar na direção **transversal**, isto é, a vibração no meio é perpendicular à direção de propagação da onda, que é o caso da onda se propagando na corda, como pode ser visto na **Figura 4.9**.

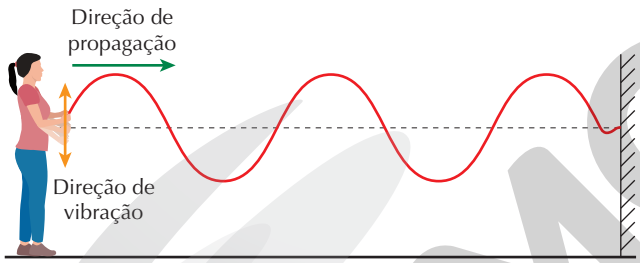
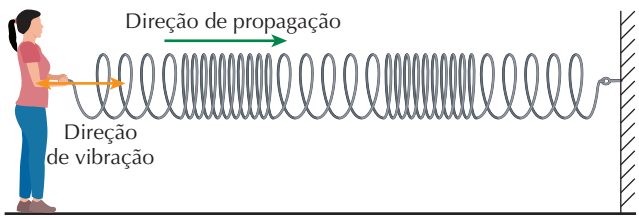


Figura 4.9 Representação de uma onda transversal que se propaga em uma corda.

Além da direção transversal, a onda pode oscilar na direção **longitudinal**, ou seja, a vibração no meio e a propagação da onda estão no mesmo sentido. Essas ondas podem ser produzidas, por exemplo, quando uma pessoa sacode horizontalmente a extremidade de uma mola presa em um ponto de uma parede vertical. Essa situação pode ser visualizada na **Figura 4.10**.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 4.10 Representação de uma onda longitudinal que se propaga em uma mola.

Características de uma onda

Para definirmos as características de uma onda, vamos considerar a onda transversal que se propaga em uma corda (**Fig. 4.9**). Os pontos mais altos da onda são conhecidos como **cristas** e os pontos mais baixos, como **vales**. Por causa da oscilação transversal, temos a **posição de equilíbrio**, isto é, a posição em que os pontos da corda permanecem parados durante o movimento da onda. E a distância entre a reta que define a posição de equilíbrio e a crista ou o vale é chamada de **amplitude (*A*)**.

O **comprimento de onda** é a menor medida entre dois pontos que estiverem no mesmo estado, isto é, na mesma posição e mesma direção da oscilação. Por exemplo, a medida entre duas cristas ou dois vales é geralmente representada pela letra grega λ. Veja as características de uma onda na **Figura 4.11**.

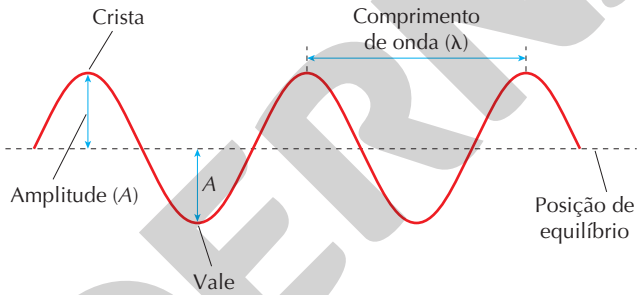


Figura 4.11 Representação da crista, vale, amplitude (*A*), posição de equilíbrio e comprimento de onda (λ).

O **período (*T*)** da onda é o tempo necessário para ocorrer uma oscilação completa. Considerando que a onda percorre uma distância λ em um intervalo de tempo igual ao período *T*, a velocidade da onda é dada por:

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda \cdot f$$

A equação obtida é conhecida como **equação fundamental da ondulatória**, que relaciona a velocidade com que a onda se propaga com o comprimento de onda e o período ou frequência. Essa equação mostra que, se o meio de propagação for mantido, o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência (**Fig. 4.12**).

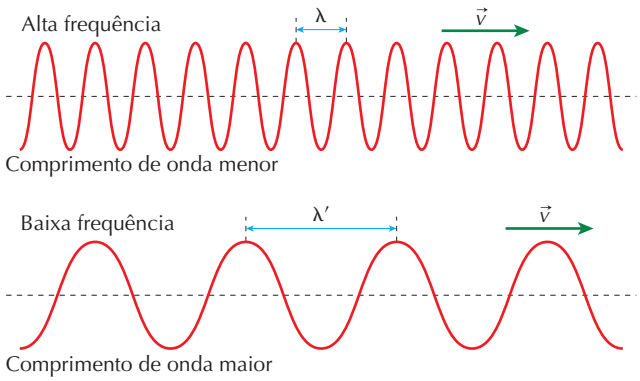


Figura 4.12 Para um mesmo meio de propagação, quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda, e vice-versa.

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

MODERNA

Vejamos um exemplo no qual podemos aplicar os conceitos vistos até agora, envolvendo o sonar, um aparelho utilizado em algumas embarcações que emite ondas sonoras na água para verificar a presença de objetos submersos, cardumes de peixes, para mapear o relevo do fundo do oceano etc. As ondas emitidas pelo sonar têm uma frequência que varia entre $3 \cdot 10^5$ e $6 \cdot 10^5$ Hz. Calcule o comprimento de onda mínimo e o máximo da onda sonora emitida pelo sonar, considerando que, na água, o som se propaga a uma velocidade igual a 1.500 m s^{-1}.

O maior comprimento de onda é dado pela menor frequência, isto é, $3 \cdot 10^5$ Hz. Aplicando a equação fundamental da ondulatória, temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 1{,}5 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} = \lambda \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$
$$\therefore \lambda = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

O menor comprimento de onda é dado pela maior frequência:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 1{,}5 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1} = \lambda \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$
$$\therefore \lambda = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Tipos de interferência

RAWPIXEL/SHUTTERSTOCK

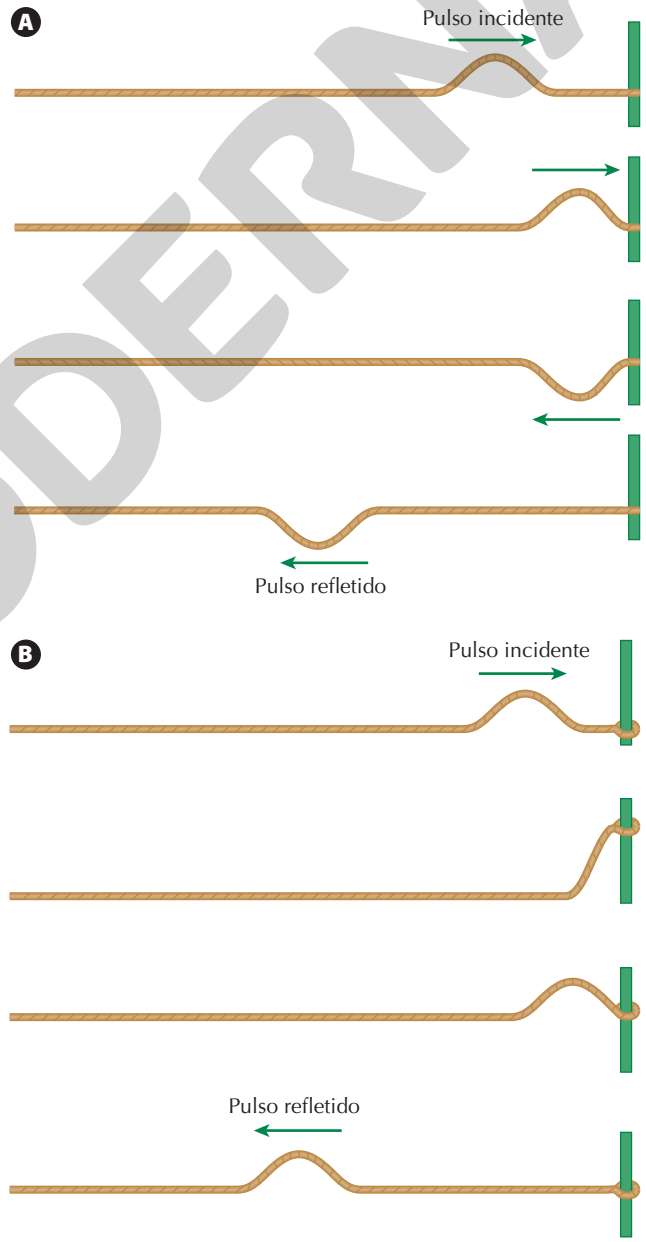
Figura 4.13 Alguns fones de ouvido reduzem o ruído externo por meio do fenômeno chamado interferência.

Existem fones de ouvido (**Fig. 4.13**) que reduzem o ruído externo produzindo mais ondas sonoras. Seus microfones internos e externos medem os ruídos do ambiente, enquanto um circuito do fone produz uma onda que interfere nesses ruídos, cancelando-os. Esse fenômeno é um tipo de **interferência**. Veremos a seguir como ela ocorre e como pode reduzir o ruído total ouvido.

Imagine novamente a situação em que uma pessoa segura uma corda por uma extremidade e a outra extremidade está ligada à parede. Com a corda bem esticada, a pessoa a balança de modo a produzir um pulso, lembrando que um pulso é uma perturbação única que se propaga por um meio material. O que acontecerá com o pulso ao atingir a parede? Há duas situações diferentes que podem ocorrer e que dependem de como a corda está ligada à parede: uma quando a extremidade está fixa e outra em que a extremidade pode também oscilar, ou seja, está livre.

Na **Figura 4.14 A**, a extremidade está fixa na parede. Nesse caso, ao incidir na parede, a corda aplica uma força na parede que, pelo princípio da ação e reação, "reage" com uma força de mesma intensidade e direção, mas com sentido contrário, o que produz uma **reflexão** invertida ou uma reflexão com inversão de fase. Assim, se inicialmente o pulso é formado por uma crista, ao incidir na parede, ele será refletido como um vale.

No caso em que a extremidade está livre para se movimentar, por exemplo, por meio de uma argola dentro de um cilindro, o pulso é refletido sem que haja inversão de fase, como mostra a **Figura 4.14 B**. Portanto, se inicialmente o pulso é formado por uma crista, ao incidir na parede, ele inverterá o sentido de movimento, mas ainda será formado por uma crista.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 4.14 Reflexão de um pulso **(A)** com inversão de fase e **(B)** sem inversão de fase.

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

MODERNA

Imagine agora a seguinte situação: você e um amigo seguram a extremidade de uma corda. Ambos balançam a corda de forma a produzir em cada uma um pulso formado por uma crista com amplitudes diferentes e que se movem em sentidos contrários, conforme mostra a **Figura 4.15 A**. O que ocorrerá com os pulsos quando eles se encontrarem? Nesse caso, no instante em que os pulsos se encontram, as suas amplitudes se somam. Após a interferência, os pulsos continuam a se propagar com a mesma amplitude inicial. Esse tipo de interferência é denominado **interferência construtiva**, pois a amplitude resultante é dada pela soma das amplitudes dos pulsos.

Agora, e se um dos pulsos for formado por um vale? Conforme mostra a **Figura 4.15 B**, no instante em que os pulsos se encontram, a amplitude resultante é dada pela diferença entre as amplitudes. Esse tipo de interferência é denominado **interferência destrutiva**.

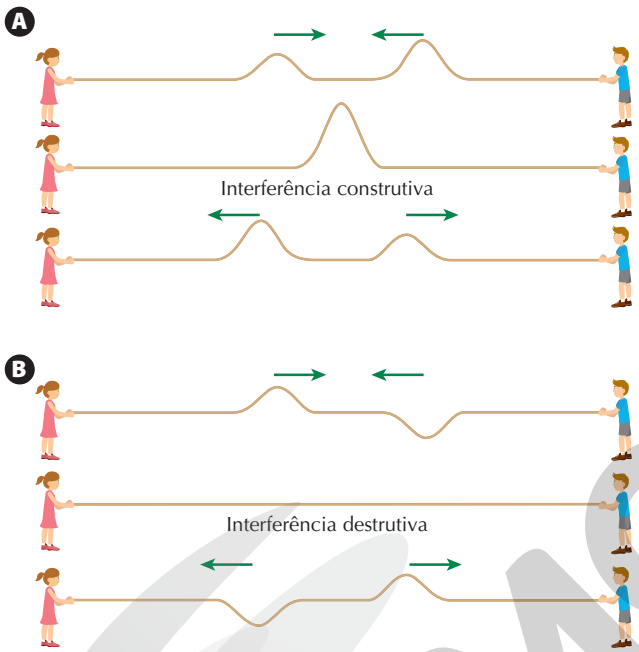


Figura 4.15 **(A)** Representação de interferência construtiva de dois pulsos. **(B)** Representação de interferência destrutiva de dois pulsos.

Vejamos um exemplo no qual dois pulsos de onda se propagam em sentidos opostos por uma corda, conforme mostra a **Figura 4.16**.

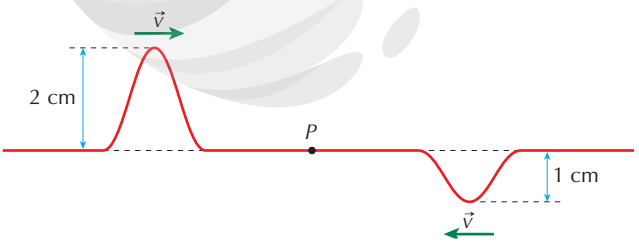


Figura 4.16 Dois pulsos se propagam em uma corda em sentidos opostos.

Qual será a aparência da corda quando os pulsos se encontrarem no ponto *P* e qual será a amplitude resultante?

No ponto *P*, haverá a superposição dos dois pulsos. Como um dos pulsos é formado por uma crista e outro por um vale, temos uma interferência destrutiva. Logo, a amplitude resultante é dada pela diferença das amplitudes.

$A = 2\text{ cm} - 1\text{ cm} \therefore A = 1\text{ cm}$

E a corda terá a aparência mostrada na **Figura 4.17**.

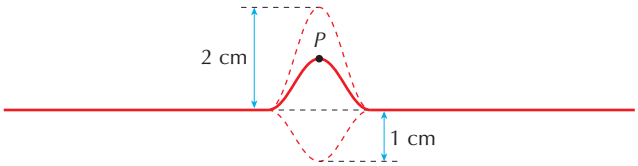
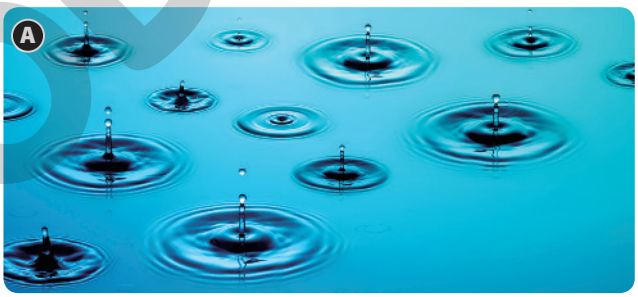


Figura 4.17 Representação da corda quando os dois pulsos se encontram.

Ondas bidimensionais e frentes de onda

Estudamos até aqui ondas unidimensionais, isto é, que se propagam em um único sentido. Entretanto, é bastante comum observarmos também ondas que se propagam em duas direções ao mesmo tempo, ou seja, em um plano, as chamadas **ondas bidimensionais**. Um exemplo são as ondas que se formam quando gotas de chuva caem em um lago (**Fig. 4.18 A**) ou quando jogamos uma pedra sobre a sua superfície. Essas perturbações se deslocam em círculos concêntricos a partir do ponto de impacto da gota de água e formam uma **frente de onda** (**Fig. 4.18 B**), ou seja, um conjunto de pontos na crista que estão à mesma distância do local de impacto da gota de água.



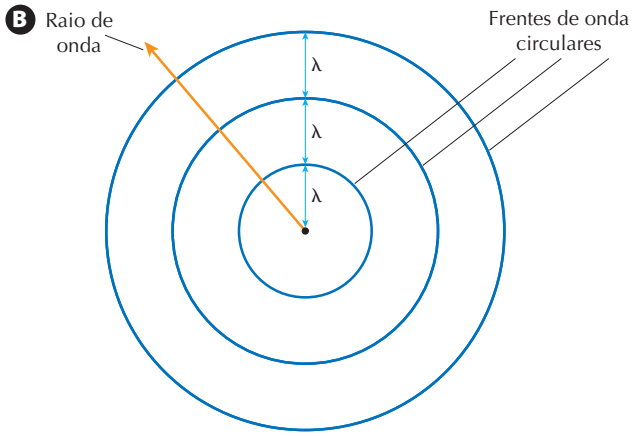
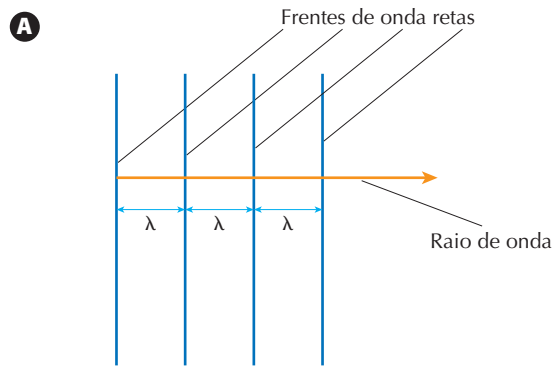


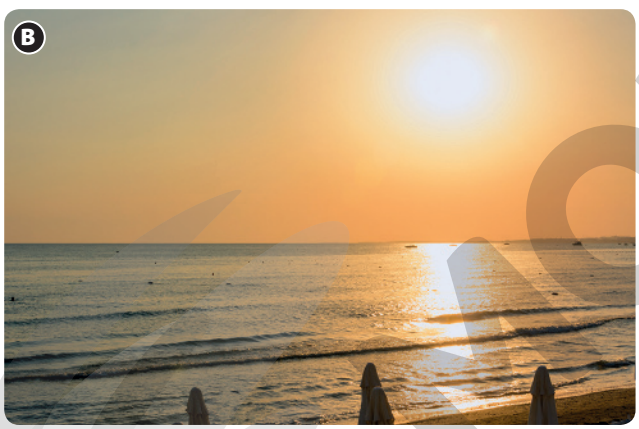
Figura 4.18 **(A)** Cada gota de chuva que cai em um lago gera ondas bidimensionais que se deslocam como círculos concêntricos. **(B)** Representação das frentes de onda de cada uma das perturbações feitas pela queda de uma gota de água.

TRUTTA/SHUTTERSTOCK
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
MODERNA
ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Na **Figura 4.18 B**, o **raio de onda** é uma linha reta que determina a direção da propagação da onda naquele ponto da frente de onda.

As ondas bidimensionais e as frentes de onda podem ser geradas de outra maneira, por exemplo, batendo de modo periódico com uma régua em um tanque de água. Nesse caso, temos ondas bidimensionais que possuem frentes de onda dadas por segmentos de reta (**Fig. 4.19 A**). Um exemplo são as ondas do mar (**Fig. 4.19 B**), quando o mar está tranquilo. Nesse caso, as ondas são formadas pela associação de diferentes fatores, como o vento, as marés, a diferença de temperatura da água do oceano, a diferença de profundidade do mar etc.





PAL1983/ISTOCK PHOTO/GETTY IMAGES

Figura 4.19 **(A)** Representação das frentes de onda como segmentos de reta. **(B)** Ondas bidimensionais em uma praia.

Princípio de Huygens

As características da propagação das frentes de onda foram estudadas pelo cientista holandês Christiaan Huygens (1629-1695). Nesse estudo, foi formulado o seguinte princípio, conhecido posteriormente como **princípio de Huygens**:

Cada um dos pontos de uma frente de onda atua como se fosse uma fonte, ou seja, é capaz de transferir energia aos pontos ao redor produzindo ondas que se propagam com a mesma frequência e velocidade das ondas originais.

Na **Figura 4.20 A**, podemos ver os pontos da frente de onda reta atuando como fontes e, na **Figura 4.20 B**, os pontos da frente de onda circular. Se a onda for periódica, a distância entre duas frentes de onda sucessivas é igual ao comprimento de onda (λ).

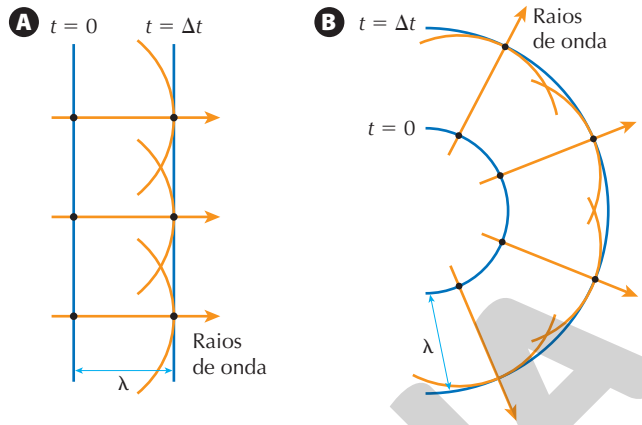


Figura 4.20 Cada ponto da frente de onda atua como uma fonte. **(A)** Ondas retas. **(B)** Ondas circulares.

A aplicação do princípio de Huygens permite explicar os fenômenos ondulatórios de difração e de refração, como veremos a seguir.

Difração

Por que você consegue ouvir uma pessoa mesmo que ela esteja atrás de um muro, como mostra a situação da **Figura 4.21 A**? Isso é possível por causa do fenômeno ondulatório conhecido como **difração**, que é a propriedade que as ondas possuem de contornar um obstáculo e continuar a se propagar em uma direção diferente (**Fig. 4.21 B**).

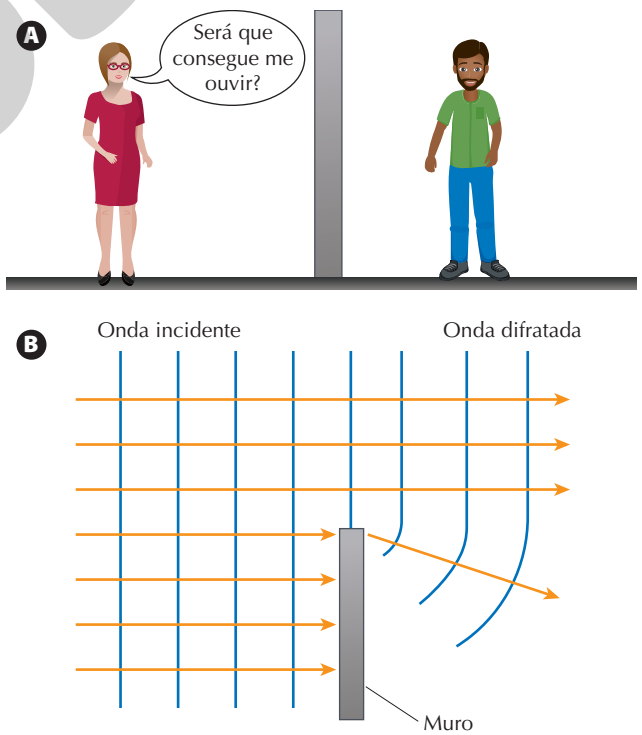


Figura 4.21 **(A)** Duas pessoas podem se ouvir através de um muro por causa da difração das ondas sonoras. **(B)** Representação da ocorrência da difração.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Esse fenômeno pode ser explicado de acordo com o princípio de Huygens ao considerar que, quando uma fenda (**Fig. 4.22**) ou obstáculo é atingido pelas frentes de onda, cada ponto dessas frentes se comporta como fontes de onda que mudam a direção da onda original, atravessando a abertura ou contornando o obstáculo, continuando a se propagar com a mesma velocidade e o mesmo comprimento de onda, mas em uma nova direção.

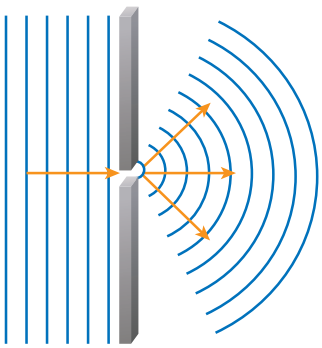
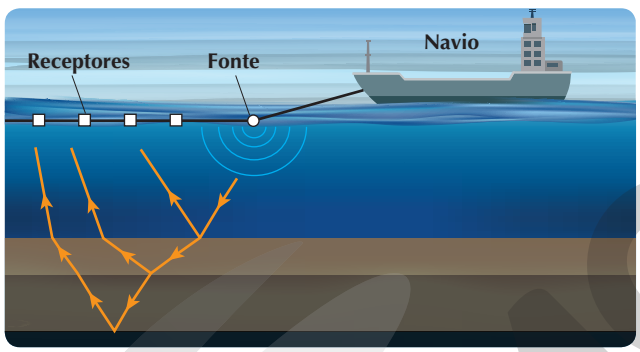


Figura 4.22 Fenômeno da difração em uma fenda.

No entanto, uma condição essencial para que a difração ocorra é que a fenda ou o obstáculo tenha a mesma ordem de grandeza do tamanho do comprimento de onda.

Refração



Fonte: Marine seismic surveys: what you need to know. Energy information Australia. What are marine seismic surveys? Disponível em: <https://energyinformationaustralia.com.au/marine-seismic-surveys-what-you-need-to-know/> Acesso em: 23 jul. 2020.

Figura 4.23 Representação esquemática da transmissão e reflexão das ondas emitidas por uma fonte instalada em um navio (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O petróleo, uma das matérias-primas do plástico e de combustíveis, possui uma indústria para a sua prospecção que é de vital importância para a economia mundial. Para obtê-lo, é necessário perfurar o solo, mas antes é preciso saber exatamente a sua localização, que pode estar em regiões marítimas. Nesse caso, uma das técnicas utilizadas é gerar ondas que se propagam pela água do mar e em seguida na terra (abaixo do mar), como mostrado na **Figura 4.23**, e, posteriormente, analisar o tempo e as características das ondas que retornam. Quando a onda produzida passa da água para a terra ou passa da terra para uma camada com densidade diferente, que pode indicar uma reserva de petróleo, por exemplo, a **velocidade de propagação** se modifica. E, como veremos a seguir, a direção de propagação também se modifica. O fenômeno ondulatório que ocorre quando ondas mudam o meio de propagação alterando a sua velocidade é chamado de **refração**.

Vamos considerar uma onda que se propaga de um meio 1, chamada de incidente, para um meio 2; a onda no meio 2 é chamada de refratada (**Fig. 4.24**).

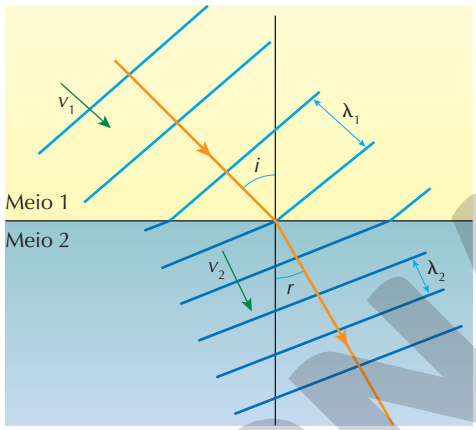


Figura 4.24 Fenômeno da refração em dois meios materiais diferentes: ar e água.

Como vimos no caso de um pulso se propagando em uma corda, aplicando a equação fundamental da ondulatória e considerando que a frequência f não muda, temos:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

O desvio na direção de propagação acontece em razão da diferença de velocidade da onda nos dois meios. Sendo que o ângulo de incidência i e o ângulo de refração r podem ser relacionados com a velocidade e o comprimento de onda nos dois meios, pela **lei de Snell-Descartes**:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Vejamos um exemplo no qual uma onda se propaga entre dois meios diferentes e, ao passar de um meio para o outro, as frentes de onda possuem a configuração mostrada na **Figura 4.25**.

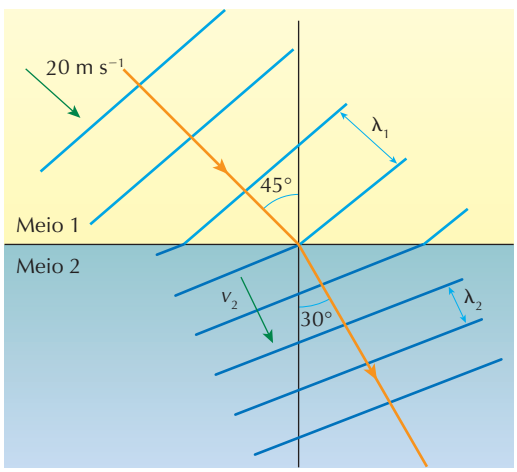


Figura 4.25 Onda se propagando entre dois meios materais diferentes: ar e água.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Considerando que a velocidade no meio 1 é 20 m s^{-1}, qual é a velocidade de propagação no meio 2? Qual é a razão entre os comprimentos de onda dos meios 1 e 2?

A velocidade na parte mais profunda pode ser calculada aplicando a lei de Snell-Descartes.

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\text{sen } 45°}{\text{sen } 30°} = \frac{20 \text{ m s}^{-1}}{v_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{\cancel{2}} \cdot \frac{\cancel{2}}{1} = \frac{20 \text{ m s}^{-1}}{v_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{2} \cdot v_2 = 20 \text{ m s}^{-1} \Rightarrow v_2 = \frac{20 \text{ m s}^{-1}}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore v_2 = 10\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$$

A razão entre os comprimentos de onda pode ser calculada como:

$$\frac{20 \text{ m s}^{-1}}{10\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{2}$$

Reflexão

Ondas luminosas, quando produzidas por um dispositivo chamado *laser,* se propagam de forma muito colimada, isto é, seus raios são aproximadamente paralelos. Sua velocidade de propagação é a velocidade de propagação da luz, 300.000 km s^{-1}. O *laser* pode ser empregado em um aparelho para medir distâncias chamado de trena a *laser* (**Fig. 4.26**). Nele, o tempo para a onda luminosa sair do aparelho, refletir em uma parede, por exemplo, e voltar é muito pequeno. Isso é suficiente para que esse medidor de distância utilize a **reflexão** de uma onda na parede para obter a distância entre o aparelho e a parede de modo bastante rápido.

CHAIYOOT WILIPUN/SHUTTERSTOCK

Figura 4.26 Trena a *laser*.

A reflexão das ondas ocorre quando elas incidem sobre um obstáculo e retornam ao meio de propagação mantendo todas as suas características, isto é, a velocidade, a frequência e o comprimento de onda. A única alteração que ocorre é no sentido de propagação. Para descrever essa mudança, considera-se uma reta normal traçada no ponto onde o raio incide e de onde parte o raio refletido, como mostra a **Figura 4.27**.

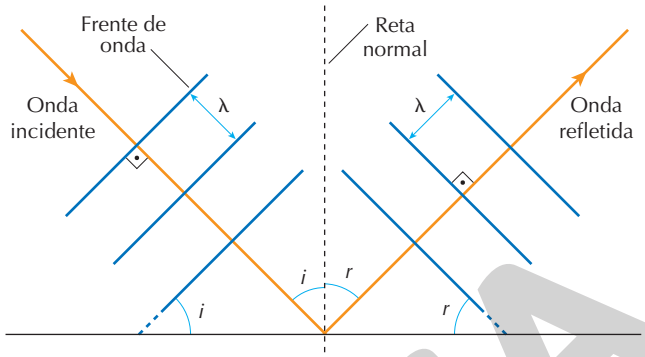


Figura 4.27 Representação esquemática do fenômeno da reflexão.

Nessa situação, observa-se que o ângulo formado pela onda incidente e a reta normal é igual ao ângulo formado pela onda refletida e a reta normal.

$$i = r$$

Essa é a condição fundamental para a reflexão de ondas.

Polarização de ondas

A polarização é um fenômeno que ocorre com ondas transversais, caso das ondas eletromagnéticas. A luz é um exemplo de onda transversal, cujos campos magnéticos e elétricos oscilam em planos perpendiculares à direção de propagação, sendo orientados em várias direções do espaço. Nesse caso, a luz é uma onda não polarizada.

A polarização de uma onda consiste em selecionar uma direção de oscilação. Isso pode ser feito por meio de um dispositivo denominado polarizador, que faz com que apenas uma direção de oscilação seja possível depois que a luz não polarizada passa por ele.

Na **Figura 4.28** temos uma situação envolvendo a luz inicialmente não polarizada. Quando a luz passa por um polarizador, ela é polarizada.

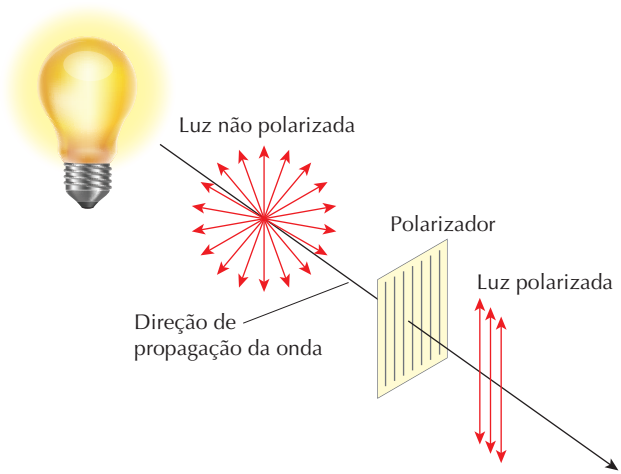


Figura 4.28 Representação esquemática da polarização da luz.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Fique por dentro

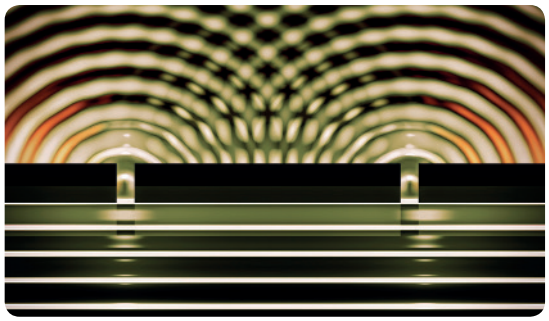
Produzindo ondas transversais em cordas de *nylon*

Veja um experimento que mostra como produzir ondas transversais em cordas de *nylon*.

Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a08.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2020.

Interferência em ondas bidimensionais

Ondas bidimensionais também estão sujeitas ao fenômeno de interferência, conforme mostra o padrão de interferência na água da **Figura 4.29**. Essa situação é mais complexa do que no caso de um pulso, pois agora há **interferências construtivas** e **destrutivas** ao mesmo tempo entre as cristas e os vales das ondas bidimensionais.



RUSSELL KIGHTLEY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 4.29 Padrão de interferência entre ondas na água.

As **interferências construtivas** ocorrem no encontro das cristas ou dos vales de duas ondas diferentes; nessa região há uma soma das amplitudes. Entretanto, onde a crista se superpõe a um vale, ocorre uma **interferência destrutiva** e a superfície da água não oscila.

Atividades

Registre em seu caderno

1. (UFG-GO) Uma estação de rádio emite ondas médias na faixa de 1 MHz com comprimento de onda de 300 m. Essa radiação contorna facilmente obstáculos como casas, carros, árvores etc. devido ao fenômeno físico da

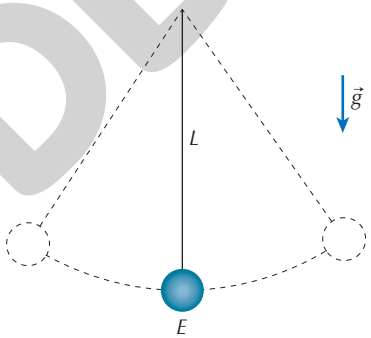
a) difração.
b) refração.
c) reflexão.
d) interferência.
e) difusão.

2. Um relógio de pêndulo tem a marcação do tempo determinada pelas oscilações de um pêndulo. Quando bem regulado, ele oscila com período de 1 s, isto é, a cada oscilação, o relógio marca um segundo. Nessa situação, o pêndulo possui comprimento *L*. Em determinado dia, a massa na ponta do pêndulo estava em uma posição tal que o relógio atrasava 2 s a cada hora. Calcule o comprimento do pêndulo nesse dia em função do comprimento *L*.

3. Suponha que o período de oscilação de um pêndulo na Terra seja igual a 1 s. Ao levar esse pêndulo para a Lua, onde o módulo da aceleração da gravidade é menor que a da Terra, o período de oscilação permanece constante, aumenta ou diminui? Justifique sua resposta.

4. Se levarmos um sistema massa-mola para a Lua, o período de oscilação aumenta, diminui ou fica igual, se comparado com o mesmo período na Terra? Justifique sua resposta.

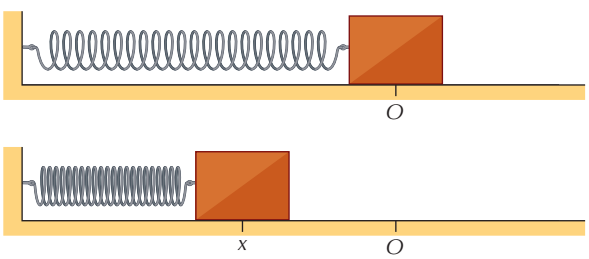
5. Um aluno observa durante 2 minutos o pêndulo da figura a seguir em movimento e percebe que a esfera passou 80 vezes pelo ponto *E*.



Considerando $g = 10\ m\ s^{-2}$ e $\pi = 3$, calcule:

a) O número de oscilações completas realizadas.
b) O período.
c) O comprimento *L* do fio do pêndulo.

6. Na figura a seguir, o sistema massa-mola é deslocado de sua posição de equilíbrio até o ponto x, é solto e começa a oscilar.



Um aluno que acompanhava o experimento anotou que a massa passou pelo ponto de equilíbrio *O* 60 vezes em 1 min. Considerando $g = 10\ m\ s^{-2}$ e $\pi = 3{,}14$, calcule:

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

a) A frequência desse sistema.
b) O período desse sistema.
c) A constante k da mola, supondo que a massa seja igual a 2 kg.

7. (UPF-RS) Um pêndulo simples, de comprimento de 100 cm, executa uma oscilação completa em 6 s, num determinado local. Para que esse mesmo pêndulo, no mesmo local, execute uma oscilação completa em 3 s, seu comprimento deverá ser alterado para:

a) 200 cm
b) 150 cm
c) 75 cm
d) 50 cm
e) 25 cm

8. (PUCCAMP-SP) Num grande tanque com água, uma torneira despeja gotas a intervalos regulares de tempo, dando origem a uma onda periódica que se move com velocidade de 0,80 m s^{-1} e comprimento de onda de 0,20 m. Um barquinho de papel encontra-se na água a 0,60 m do ponto de impacto das gotas. A esse respeito, considere as afirmações:

I. As gotas caem com frequência de 4 gotas s^{-1}.
II. Quanto à natureza de propagação, a onda em questão é transversal.
III. Se o barquinho for colocado a 1,20 m do ponto de impacto das gotas, ocorre diminuição no seu período de oscilação.

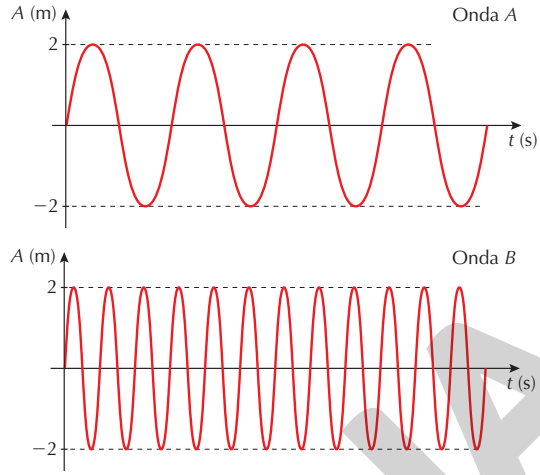
Está correto o que se afirma SOMENTE em

a) I.
b) II.
c) III.
d) I e II.
e) II e III.

9. (UFJF-MG) O comandante de um porta-aviões tem como missão investigar qual a profundidade do mar em determinado local. Para tanto, envia um helicóptero munido de um sonar para esse local. O sonar, posicionado pelo helicóptero a uma altura de 68 m acima do nível da água do mar, emite uma onda sonora de alta frequência, de comprimento de onda de 0,85 cm no ar, que leva 1 segundo desde sua emissão até sua recepção de volta no ponto de onde foi emitida, depois de ter sido refletida pelo fundo do mar. O som se propaga a 340 m s^{-1} no ar e a 1.400 m s^{-1} na água do mar.

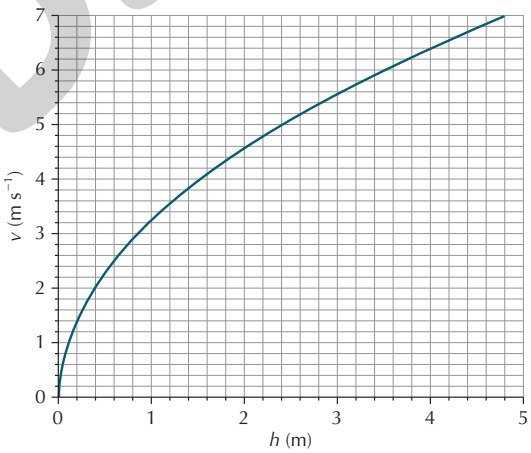
a) Calcule a frequência do sinal emitido pelo sonar no ar e o comprimento de onda do sinal emitido pelo sonar na água do mar.
b) Calcule a profundidade do mar nesse local.
c) A onda sonora emitida pelo sonar é uma onda mecânica ou eletromagnética? Justifique.

10. Observe as figuras a seguir, onde estão representadas duas ondas, A e B, que se propagam com a mesma velocidade.



a) Identifique a onda com maior período.
b) Identifique a onda com maior frequência.
c) Identifique a onda com maior amplitude.
d) Identifique a onda com maior comprimento de onda.

11. (Fuvest-SP) Ondas na superfície de líquidos têm velocidades que dependem da profundidade do líquido e da aceleração da gravidade, desde que se propaguem em águas rasas. O gráfico representa o módulo v da velocidade da onda em função da profundidade h da água.



Uma onda no mar, onde a profundidade da água é 4,0 m, tem comprimento de onda igual a 50 m. Na posição em que a profundidade da água é 1,0 m, essa onda tem comprimento de onda, em m, aproximadamente igual a:

a) 8
b) 12
c) 25
d) 35
e) 50

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

TEMA 5

Acústica

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 9
Habilidades: EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT307

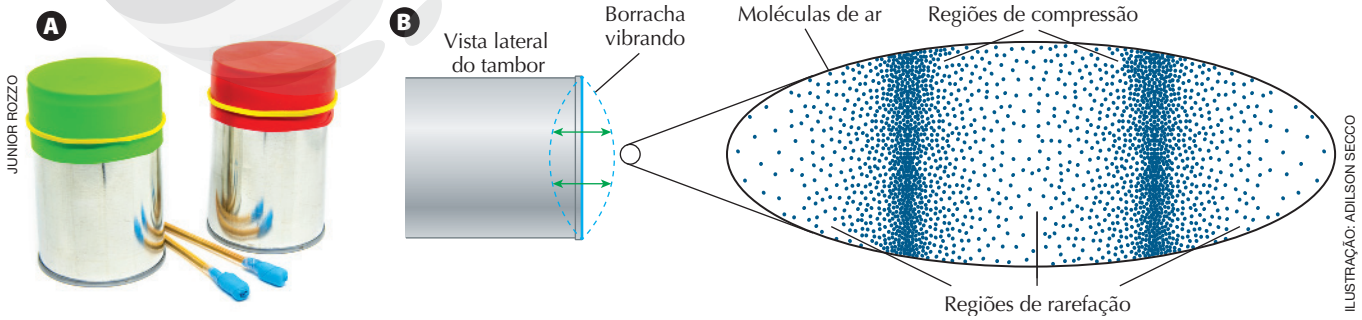
OSCAR GONZALEZ/NURPHOTO/GETTY IMAGES

Figura 5.1 Orquestra de Instrumentos Reciclados de Cateura, de Assunção, Paraguai, tocando em Madri, Espanha (2019).

As ondas sonoras, também denominadas **som**, são um fenômeno ondulatório comum que podemos presenciar em várias atividades do nosso dia a dia. Seja conversando com um colega, ouvindo as explicações do professor, apreciando uma boa música, seja tocando um instrumento musical, nós estamos rodeados por ondas sonoras. A compreensão das propriedades do som é muito importante. Músicos, por exemplo, usam o conhecimento que possuem sobre as propriedades do som para tocar belas melodias em instrumentos musicais que agradem ao seu público. Mas não é necessário tocar caros instrumentos para poder apreciar boa música. Vários instrumentos podem ser criados usando como matéria-prima materiais recicláveis; metais e plásticos que seriam descartados no ambiente podem virar instrumentos musicais, por exemplo (**Fig. 5.1**). Neste tema, vamos estudar a área da Física que lida com o estudo do som chamada de **acústica**, além de vermos como as ondas sonoras são produzidas por meio de instrumentos.

Ondas sonoras

As ondas sonoras são ondas mecânicas longitudinais produzidas pela vibração de um objeto. Essas ondas se propagam por um meio material, como o ar, e são captadas pelo sistema auditivo dos seres vivos. Imagine, por exemplo, que uma pessoa bata em um tambor feito com uma lata de alumínio e borracha, como mostra a **Figura 5.2 A**. A vibração da borracha faz com que ocorra uma perturbação no ar; essa perturbação se propaga pelo ar criando regiões de compressão e rarefação, conforme mostra a **Figura 5.2 B**.



JUNIOR ROZZO

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 5.2 **(A)** Tambor feito com lata de alumínio e borracha. **(B)** Produção e propagação das ondas sonoras pelo ar.

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

Para os animais, o principal objetivo da emissão das ondas sonoras é a comunicação. Seu processo de vocalização pode ser usado, por exemplo, para se defender de um oponente, convidar a fêmea a acasalar ou chamar os filhotes para que não se percam.

Para o ser humano, a vocalização evoluiu para algo mais sofisticado, que denominamos "fala". O som que produzimos obedece a uma estrutura mais complexa, permitindo que nos comuniquemos de modo mais eficiente.

Velocidade do som

ANDRE SENA/PULSAR IMAGENS

Figura 5.3 Relâmpago sobre o município de Sete Lagoas (MG), 2018.

Quanto mais distante ocorrer um relâmpago (**Fig. 5.3**), maior será o intervalo de tempo entre avistarmos a luz gerada pela descarga elétrica e ouvirmos o som do trovão. Esse intervalo de tempo pode ser utilizado para avaliar a distância entre o ponto onde ocorreu a descarga e o local onde estamos. Mas como podemos fazer esse cálculo?

Como mencionado anteriormente, a onda sonora é uma onda mecânica, isto é, ela precisa de um meio material para se propagar. A sua velocidade de propagação, entretanto, depende de uma série de variáveis, como a temperatura e a pressão do meio de propagação. À pressão de 1 atm e 20 °C de temperatura, o som se propaga no ar a aproximadamente 343 m s^{-1}.

A **Tabela 1.1** mostra diferentes velocidades do som para vários meios materiais.

Tabela 1.1 Velocidade do som em diferentes meios materiais

Meio material	Velocidade (m s^{-1})
Ar (20 °C)	343
Água pura	1.481
Água do mar	1.500
Alumínio	5.150
Aço	5.050
Álcool etílico	1.150
Vapor	405
Concreto	3.100
Gelo	3.200

Fonte: KINSLER, L. E.; FREY, A. R.; COPPENS, A. B.; SANDERS, J. V. *Fundamentals of Acoustics*. New York: John Wiley & Sons, 2000.

Considerando a estrutura microscópica da matéria, as ondas sonoras se propagam com velocidade maior em sólidos do que em líquidos. Isso porque nos sólidos as moléculas que os compõem estão muito mais próximas do que nos líquidos; logo, a transmissão de energia ocorre de forma mais ágil, já que as ondas sonoras são ondas mecânicas que dependem do meio para serem transmitidas.

Portanto, se entre a visualização de uma descarga elétrica (raio) e a chegada do som (trovão) houve um intervalo de tempo de 2 s, podemos calcular a distância (D) entre o ponto onde ocorreu a descarga elétrica e nossos ouvidos (desprezando o intervalo de tempo que a luz levou para percorrer a mesma distância que o som, pois a velocidade da luz é muito maior que a do som) da seguinte forma:

$$D = v \cdot \Delta t \Rightarrow D = 343\ \text{m s}^{-1} \cdot 2\ \text{s} \therefore D = 686\ \text{m}$$

Intensidade sonora, altura e timbre

JORGE ADORNO/REUTERS/FOTOARENA

Figura 5.4 Músicos da Orquestra de Instrumentos Reciclados de Cateura em concerto na cidade de Assunção, Paraguai, em 2013.

Quando uma orquestra (**Fig. 5.4**), que possui vários instrumentos musicais diferentes, vai iniciar a apresentação, os músicos conferem a afinação dos instrumentos tocando a mesma **nota** musical. Apesar de ser a mesma nota, percebemos sons distintos, vindo de instrumentos diferentes. Isso porque a percepção e a distinção de diferentes sons resultam da associação de três variáveis: a intensidade sonora, a altura do som e o timbre.

A **intensidade sonora** está associada ao volume do som, à amplitude da onda e à energia que essa onda transporta. Sons com volume maior possuem maior amplitude e sons com volume menor possuem menor amplitude. Na **Figura 5.5** temos dois gráficos obtidos por um osciloscópio, que é um dispositivo que permite representar graficamente as características de uma onda sonora.

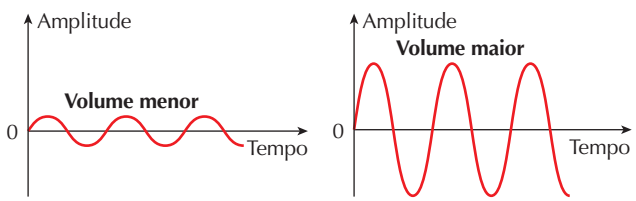


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 5.5 O volume do som está associado à amplitude da onda.

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

A **altura** do som está associada à frequência das ondas. Quanto maior a frequência, mais agudo é o som e quanto menor a frequência, mais grave é o som, como podemos ver nos gráficos da **Figura 5.6**.

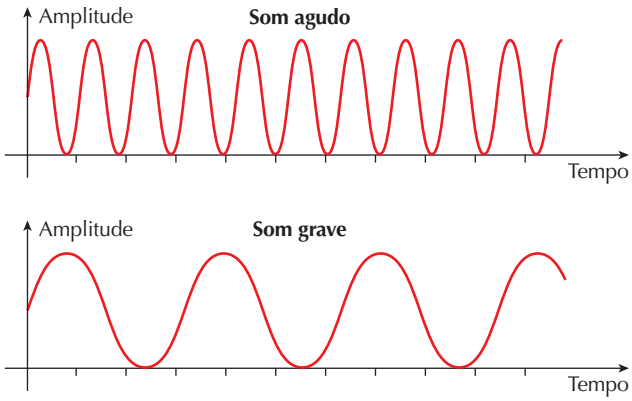


Figura 5.6 Um som mais agudo ou mais grave está associado à frequência da onda sonora.

Na **Tabela 1.2** estão listadas as notas musicais e suas frequências. Vale salientar que existem inúmeras notas musicais distribuídas nas diversas oitavas, sendo que uma oitava é o intervalo entre uma nota musical e outra que possui a metade ou o dobro de sua frequência, formando uma sequência. Essa sequência prossegue para sons mais altos (agudos) e mais baixos (graves). Acima da nota Si mostrada na **Tabela 1.2** vem outro Dó com o dobro da frequência do Dó anterior. Analogamente, uma oitava abaixo desse Dó vem outro Dó com metade da frequência.

Tabela 1.2 Notas musicais e suas respectivas frequências

Nota	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si
Freq. (Hz)	261,3	293,7	329,6	349,2	392,0	440,0	493,9

Dados obtidos em: BEAUCHAMP, J. W. *Analysis, Synthesis, and Perception of Musical Sounds*: The Sound of Music. New York: Springer, 2007.

Frequências abaixo de 20 Hz, chamadas de **infrassons**, e acima de 20.000 Hz, chamadas de **ultrassons**, são inaudíveis pelos seres humanos. Embora essas frequências não possam ser percebidas pelos humanos, elas podem eventualmente ser ouvidas por outros animais.

O **timbre** é uma qualidade do som associada a cada fonte sonora, e resulta da forma da onda final produzida por cada uma delas. Por exemplo, os instrumentos musicais podem tocar a mesma nota com a mesma intensidade, mas seu timbre, isto é, a forma da onda gerada em cada um deles, é diferente, como mostra a **Figura 5.7**.

Audição

AFRICA STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 5.8 A captação das ondas sonoras se dá pelo aparelho auditivo.

A nossa capacidade de ouvir e processar o som é denominada **audição**. As ondas sonoras são captadas pelo aparelho auditivo (**Fig. 5.8**) e convertidas em impulsos elétricos, que são conduzidos pelo nervo auditivo até o cérebro para serem devidamente interpretados. Esse processo de conversão introduz modificações significativas entre o som emitido e o som percebido pelo ouvinte. Há uma atenuação das ondas sonoras ao serem captadas pelo sistema auditivo; assim, os sons não são percebidos com a mesma intensidade, mas, sim, de acordo com uma escala logarítmica.

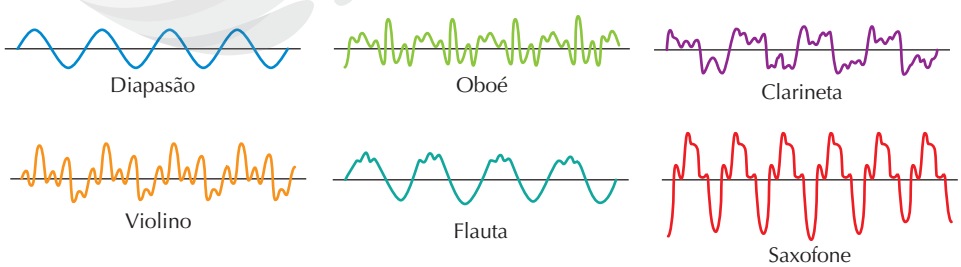
Para descrever a maneira como a audição é percebida pelo ouvido humano foi definida uma grandeza denominada **nível de intensidade sonora (NIS)**, que é comumente expressa por meio de uma unidade de medida pertencente ao Sistema Internacional de Unidades (SI) chamada de **bel (B)**. O NIS (β) pode ser representado pela seguinte equação:

$$\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

em que I é a intensidade da onda sonora e I_0 é a intensidade sonora mínima percebida por uma pessoa. Vale lembrar que esse valor varia de pessoa a pessoa e também depende da frequência sonora. No entanto, adota-se um valor médio de referência igual a 10^{-12} W m^{-2} para a intensidade sonora mínima.

É muito comum adotar como referência, em vez do bel, a sua décima parte, o **decibel** (db):

$1\ \text{dB} = 0{,}1\ \text{B}$



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Fonte: BORGES, A. N.; RODRIGUES, C. G. *Introdução à física acústica*. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

Figura 5.7 Todos os instrumentos estão tocando a mesma nota, mas as ondas geradas possuem formas diferentes.

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

Vejamos um exemplo em que uma onda sonora com intensidade igual a $10^{-6}\ W\ m^{-2}$ é emitida por uma fonte sonora. Qual é o nível sonoro dessa onda em dB, considerando que a intensidade sonora mínima é igual a $10^{-12}\ W\ m^{-2}$?

Pela definição de nível da intensidade sonora, temos:

$$\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \Rightarrow \beta = \log\left(\frac{10^{-6}\ W\ m^{-2}}{10^{-12}\ W\ m^{-2}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta = \log 10^6 \therefore \beta = 6\ B$$

Assim, convertendo em decibéis, obtemos:

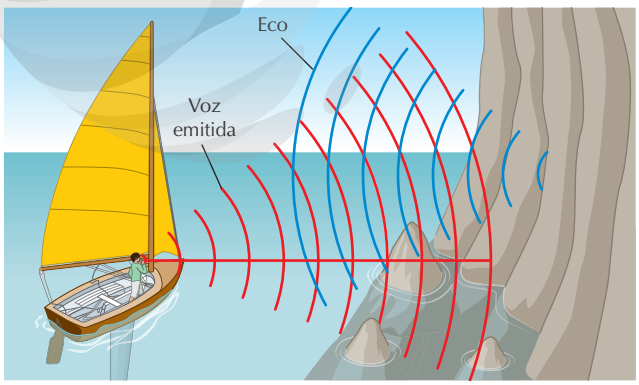
$$\beta = 6\ B = 10 \cdot 6\ dB \therefore \beta = 60\ dB$$

Reflexão, refração e difração de ondas sonoras

OLGA SAPEGINA/SHUTTERSTOCK

Figura 5.9 Interior de uma sala vazia, sem acabamento.

Você já reparou que o som da sua voz em uma sala vazia, por exemplo, que ainda esteja sendo acabada (**Fig. 5.9**), é diferente de quando você fala em uma sala mobiliada, com cortinas e quadros nas paredes? Essa diferença ocorre porque entre a **emissão** do som e sua **recepção** ocorrem diversos fenômenos, entre eles a **reflexão** e a **refração**. Esses fenômenos, como veremos, podem alterar a intensidade e a duração dos sons que escutamos. Por isso, é importante a escolha adequada de materiais e formas das paredes, tetos e até mobiliário em estúdios musicais, salas para apresentações musicais etc.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 5.10 O eco é um exemplo da ocorrência de reflexão de ondas sonoras.

Assim como as ondas estudadas no Tema anterior, as ondas sonoras também podem sofrer reflexão, refração e difração. Uma das maneiras mais usuais de se perceber a **reflexão do som** é pelo eco. Imagine que uma onda sonora é emitida e que no caminho há um obstáculo, como uma parede (**Fig. 5.10**). A onda sonora é refletida pela parede, retorna e pode ser ouvida novamente pelo seu emissor.

Você já mergulhou a cabeça na água e tentou escutar? Embora os ruídos produzidos fora da água possam ser ouvidos, eles se tornam mais difíceis de ser compreendidos. Isso acontece por causa da **refração do som**, que ocorre quando a onda sonora muda de meio de propagação. Nesse caso, há uma alteração da velocidade e do comprimento de onda. A frequência, entretanto, permanece constante. O contrário também ocorre: se a fonte sonora estiver dentro da água, teremos maior dificuldade em compreender o seu som (**Fig. 5.11**).

Figura 5.11 A refração das ondas sonoras ocorre quando há mudança de meio de propagação.

Já o fenômeno da **difração do som** faz com que as ondas emitidas consigam contornar obstáculos no caminho. Um dos melhores exemplos da difração acontece em espetáculos de música dentro de locais projetados para receber esse tipo de evento, por exemplo, em teatros (**Fig. 5.12**). Nesses lugares, ondas sonoras chegam aos espectadores, independentemente de sua posição e das pessoas ao redor. Isto é, as ondas sonoras contornam os obstáculos para chegar ao ouvido das pessoas.

ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

Figura 5.12 Interior do Teatro Amazonas (Manaus, AM, 2020).

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

EM ODERNA

A orelha interna consegue distinguir sons que possuam um intervalo mínimo de 0,1 s. Considerando que o som tem uma velocidade média no ar de aproximadamente 340 m s^{-1}, qual é a distância mínima até o obstáculo para que percebamos um eco?

Primeiro, vamos calcular a distância percorrida pelo som em 0,1 s:

$$D = v \cdot \Delta t \Rightarrow D = 340\ \text{m s}^{-1} \cdot 0{,}1\ \text{s} \therefore D = 34\ \text{m}$$

Mas, uma vez que o som é emitido, ele se desloca até o obstáculo, reflete e volta até a posição inicial onde está o emissor. Logo, a distância mínima para percebermos o eco deve ser a metade da distância calculada anteriormente, ou seja, 17 m. Neste ponto é possível abordar os ecobatímetros usados em larga escala nas embarcações a fim de medir a profundidade.

Batimento

Quando existe mais de uma fonte emitindo as ondas sonoras, ocorre a interferência. Ela pode ser uma interferência construtiva, que faz com que o ouvinte experimente um aumento do volume sonoro, ou uma interferência destrutiva, quando o ouvinte escuta o som com um volume menor. Quando ondas sonoras com frequências próximas e amplitudes iguais interferem uma na outra, ocorre um fenômeno chamado de **batimento**. Esse fenômeno faz com que as amplitudes da onda resultante variem com o tempo, isto é, há o aumento e a diminuição do volume do som devido à interferência, como mostra a **Figura 5.13**.

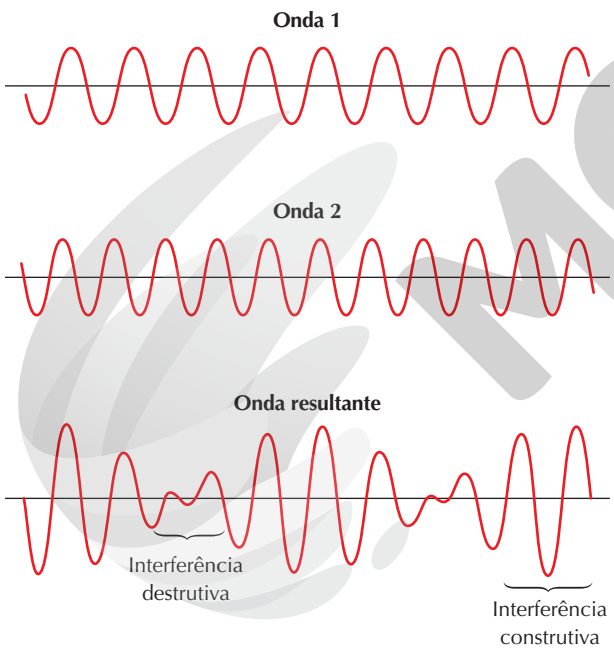


Figura 5.13 O fenômeno denominado batimento é o resultado da interferência de ondas sonoras.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Efeito Doppler

Você já deve ter vivenciado alguma das seguintes situações: quando um carro se aproxima, você percebe o som mais agudo e, depois de ele passar e se afastar, você percebe o som do motor mais grave. O mesmo acontece ao ouvirmos a sirene de uma ambulância: quanto mais rapidamente a ambulância se aproxima, mais agudo será o som que percebemos. Analogamente, percebemos o som mais grave quanto mais rapidamente a ambulância se afasta. Isso ocorre porque a fonte de ondas sonoras está em movimento. Se estamos parados e a fonte sonora se aproxima, observamos a frequência das ondas maiores do que a realmente emitida; e quando a fonte se afasta, observamos a frequência menor (**Fig. 5.14**). Esse efeito foi descoberto pelo físico austríaco Christian Johann Doppler (1803-1853), sendo conhecido hoje como **efeito Doppler**.

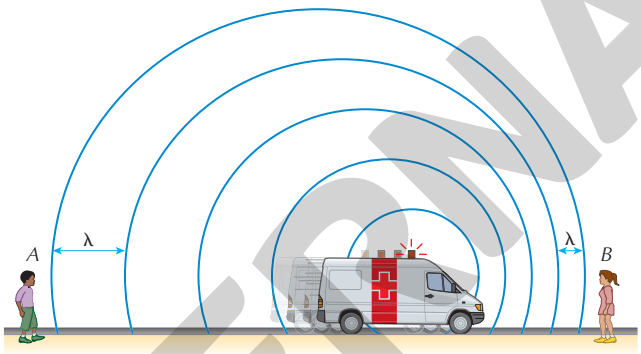


Figura 5.14 O observador *A* percebe o som mais grave e o observador *B* percebe o som mais agudo por causa do efeito Doppler.

Se a fonte, emitindo uma onda sonora de frequência f_{fonte}, aproxima-se com velocidade v_{fonte} de um observador parado, a frequência observada por ele (f_{obs}) pode ser calculada pela expressão:

$$f_{obs} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som}}{v_{som} - v_{fonte}}$$

em que v_{som} é a velocidade do som no meio.

E se a fonte se afasta com a mesma velocidade, temos:

$$f_{obs} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som}}{v_{som} + v_{fonte}}$$

Usando o mesmo raciocínio e considerando apenas o movimento do observador, é possível obter uma expressão geral que considere tanto o movimento do observador quanto o da fonte. Dessa forma, considerando que uma fonte emita uma onda sonora de frequência f_{fonte}, encontramos que a frequência observada f_{obs} é dada por:

$$f_{obs} = f_{fonte} \cdot \frac{v_{som} \pm v_{obs}}{v_{som} \pm v_{fonte}}$$

Para obter os sinais das velocidades do observador (v_{obs}) e da fonte (v_{fonte}), a trajetória deve ser orientada sempre indo do observador para a fonte; assim, os sinais serão positivos quando no mesmo sentido da trajetória e negativos quando no sentido oposto. Veremos na prática investigativa a seguir mais detalhes sobre o efeito Doppler.

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

MODERNA

Prática investigativa

O efeito Doppler em ondas sonoras

Antes de iniciar a atividade, reúna-se em grupo com os colegas, leia todo o procedimento e consulte o infográfico Segurança no laboratório, no início deste Volume.

Cuidados

Segurança

- Manusear a tesoura sem ponta com atenção para evitar ferimentos. É recomendável que o professor seja o responsável por fazer a fenda na bola de tênis.

Descarte

- As aparas de barbante e fita isolante devem ser descartadas no lixo comum. O restante do material pode ser limpo e guardado para futuro reaproveitamento.

O efeito Doppler, na maioria das vezes, é familiar e vivenciado pelas pessoas no dia a dia, mas não é reconhecido pelo nome. No entanto, apesar de o vivenciarmos, dificilmente é possível ter controle sobre esse efeito em situações do cotidiano. Nesta atividade, será possível não só controlar esse efeito, como também medi-lo com um aplicativo de celular.

Objetivo

Identificar como varia a altura do som em consequência da movimentação de uma fonte sonora.

Materiais

- Bola de tênis ou outro tipo de bola que tenha rigidez similar
- Bateria 9 V
- Clip para bateria 9 V
- *Buzzer* 9 V
- Elásticos
- Parafuso curto de 1,5 cm com cabeça e porca
- Fita isolante
- Celular com aplicativo para medição da altura do som
- Tesoura comprida sem ponta
- 1 metro de barbante

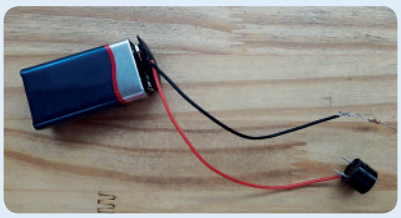
Explique para os alunos que o *buzzer* é um dispositivo usado para a geração de ondas sonoras.

Prepare-se!

A frequência do som observada (f_{obs}), devido ao efeito Doppler, depende da velocidade da fonte sonora v_{fonte} e da velocidade do som v. Para um observador parado, qual é a expressão que permite calcular a frequência observada por ele?

Procedimento

- Façam a ligação elétrica do *buzzer* com a bateria. Observem, na figura ao lado, que para fazer essa ligação há um lado específico da bateria para ligar o polo positivo do *buzzer* e outro para ligar o polo negativo.



FOTOS: LIVIA ACETO

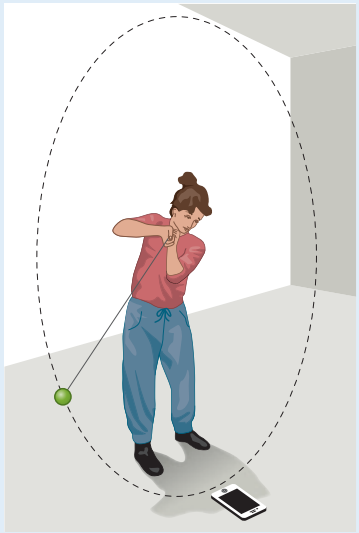
- Com a tesoura sem ponta, tomando cuidado para não se ferirem, façam uma fenda na bola de tênis de tamanho suficiente para a bateria, o *buzzer* e o parafuso passarem. Tentem fazer o menor corte possível para preservar a estrutura da bola.
- Amarrem bem firme uma das extremidades do barbante entre a cabeça e a porca do parafuso, como mostra a imagem ao lado. Então, posicionem o parafuso no interior da bola e deixem o barbante saindo pela fenda.

- Depois de colocar o parafuso, introduzam também a bateria e o *buzzer* no interior da bola. Usem fita isolante para fortalecer os contatos entre os fios, já que não há muito espaço no interior da bola. Uma opção é deixar o *buzzer* para fora da bola com um dos polos desconectados e conectá-lo apenas quando fizerem a medição.

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

MODERNA

Continua


ADILSON SECCO

- Amarrem a bola com elásticos de modo que a fenda fique o mais fechada possível, e acomodem os fios que ficam para fora no mesmo elástico que amarra a bola. Testem se a montagem suporta rotações rápidas e façam ajustes no barbante, no parafuso e na amarração, se necessário. Façam a ligação elétrica final do circuito no momento em que a medição for começar.
- Em seguida, em local fechado e silencioso, posicionem o celular no chão, em repouso, e girem a bola em um plano vertical bem próximo ao celular, como na figura ao lado.
- Quando o movimento de giro se estabilizar, usem um aplicativo que permita gravar a variação na altura do som (há aplicativos gratuitos que possuem essa funcionalidade).
- Façam outro tipo de movimento com o conjunto: movimentem a bola com a mão para cima e para baixo com o celular em repouso no chão. Gravem a variação de altura do som com o aplicativo.
- Por último, façam a bola pendular próximo ao celular em repouso no chão. Gravem a variação de altura do som com o aplicativo.

Discuta com seus colegas

1. Com o *buzzer* e o celular em repouso, meçam a altura do som usando o aplicativo e estabeleçam seu valor médio (em Hz). Façam no mínimo três gravações sucessivas da altura do som do *buzzer* para determinar o valor médio que será considerado nos próximos cálculos.
2. Comparem as gravações de variação da altura do som nos três testes de movimentação do *buzzer*. Em qual movimento foi possível atingir a maior variação de altura do som? Por quê?
3. Em qual movimento, de oscilação ou de movimento linear médio do *buzzer* sonoro, o efeito Doppler é mais perceptível? Por quê?
4. Se este mesmo *buzzer* estivesse se movimentando a 250 km h^{-1} e vocês estivessem parados observando, qual seria a variação da altura do som pelo efeito Doppler tanto na situação de aproximação quanto na de afastamento? Usem a frequência média do *buzzer* calculada no item **1** desta seção.
5. A partir da frequência de variação de altura do som, calculem a velocidade angular do *buzzer*, em rad s^{-1} usando $\omega = 2\pi f$. Usando a equação do efeito Doppler, obtemos $\omega = 10{,}7$ rad s^{-1}. Há diferença entre o valor que vocês calcularam e o valor obtido por efeito Doppler? Expliquem.
6. O aparato experimental montado foi adequado para as medições realizadas? Se não, o que vocês sugeririam para melhorar o experimento?
7. Façam um resumo dos seus resultados e comparem as conclusões com os outros grupos, seguindo a orientação do professor.

Instrumentos musicais

A música é uma das manifestações culturais mais intensas realizadas pelo homem. Ela se iniciou com a voz e, à medida que a tecnologia foi sendo desenvolvida, surgiram os chamados **instrumentos musicais**, que aperfeiçoaram o processo de produção das músicas, dando origem a bandas musicais (**Fig. 5.15**) e orquestras sinfônicas. A transformação e a invenção dos equipamentos para produzir música continuam incessantemente. Com a popularização da eletricidade, surgiram as guitarras elétricas, os instrumentos de percussão digitais e os sintetizadores.

Embora a música seja uma arte, ela está permeada de conceitos físicos e matemáticos. O entendimento dessa relação faz com que as pessoas possam apreciar ainda mais uma boa música.

NICE IMAGES LONDON

Figura 5.15 A banda inglesa The Junk Orchestra produz música com instrumentos feitos com materiais reciclados.

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

MODERNA

Ressonância

EA230311/SHUTTERSTOCK

Figura 5.16 A forma do corpo do violão altera o tipo de som produzido?

Qual é a função do corpo do violão (**Fig. 5.16**)? Sua profundidade e sua forma podem alterar o som produzido? Para responder a essas perguntas, precisamos entender o conceito de **ressonância**.

A ressonância é um aumento da amplitude de vibração em virtude de uma superposição de ondas que vibram em frequências iguais. Uma maneira simples de entender o que é a ressonância é observando balanços de parques infantis. Para ganhar altura durante o movimento de se balançar, é preciso movimentar os braços e as pernas no momento certo (**Fig. 5.17**). Para isso, o movimento deve ter frequência igual à **frequência natural** de oscilação do balanço, que é uma característica natural de um dado corpo, como uma corda ou um pêndulo, ao vibrar. No caso do balanço, o sistema se assemelha muito ao de um pêndulo simples. Quando o balanço recebe energia do movimento do corpo com frequência igual à sua frequência natural, passa a oscilar com maior amplitude de movimento.

YUGANOV KONSTANTIN/SHUTTERSTOCK

Figura 5.17 Ao movimentar os braços e as pernas na mesma frequência natural do balanço, o balanço ganha altura.

O peculiar formato dos instrumentos de corda, como o violão, o violino, o cavaquinho e o ukelelê, que possuem sempre um formato similar ao de um corpo bojudo, é utilizado como forma de amplificar as ondas sonoras produzidas pelas cordas por meio do fenômeno da ressonância.

Voltando ao exemplo do violão, quem produz o som é a corda vibrante, como veremos a seguir. Porém, o som produzido pela corda entra em ressonância com o corpo do violão, amplificando o som e criando o seu timbre característico.

Instrumentos de corda

Os instrumentos de corda (**Fig. 5.18**), como o próprio nome diz, são instrumentos que produzem som a partir da vibração de uma corda. O material que compõe a corda pode variar; são usados *nylon*, metais ou fibras sintéticas revestidas de ligas metálicas. Há várias maneiras de fazer vibrar essa corda, por exemplo, pelos dedos do instrumentista ou por meio de objetos como a palheta, no caso de violões e guitarras, ou o arco, no caso dos violinos e violoncelos.

AFRICA STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 5.18 Exemplos de instrumentos de corda: **(A)** violoncelo, **(B)** violão e **(C)** violino.

As ondas que se propagam pelas cordas formam as **ondas estacionárias**. Essas ondas se formam pela superposição de ondas idênticas que se propagam em sentidos opostos devido à reflexão das ondas nas extremidades fixas. O resultado desse fenômeno é uma onda que apresenta um padrão de vibração constante. Esse padrão é formado por pontos da corda que não vibram, caso dos pontos em que há interferência destrutiva entre as ondas, chamados de **nós**, e por pontos que vibram com máxima amplitude, caso dos pontos da corda em que há interferência construtiva, chamados de **ventres**, como mostra a **Figura 5.19**. Como as cordas dos instrumentos estão presas em suas extremidades, esses pontos sempre serão nós.

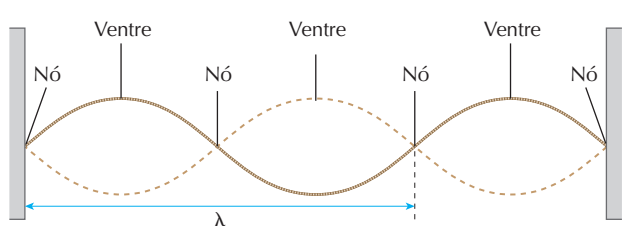


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

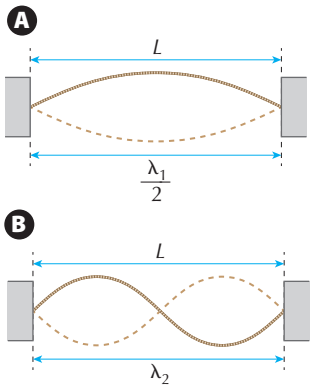
Figura 5.19 Representação esquemática dos nós e ventres de uma onda estacionária em uma corda.

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

MODERNA

Outra característica das ondas estacionárias é que a distância entre dois nós ou dois ventres consecutivos é igual à metade do comprimento de onda $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$. Dessa forma, a distância entre um nó e um ventre, também consecutivos, é igual a $\frac{\lambda}{4}$.

As ondas nas cordas podem vibrar de diferentes modos. O primeiro modo, também chamado de **modo fundamental** de vibração ou **primeiro harmônico**, ocorre quando temos metade de uma onda vibrando entre os nós. Para uma corda de comprimento *L*, o primeiro harmônico pode ser representado pela **Figura 5.20 A**.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 5.20 Representação do modo fundamental **(A)** e do segundo modo de vibração em uma corda **(B)**.

Como a distância entre dois nós consecutivos é igual à metade do comprimento de onda, temos:

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \therefore \lambda_1 = 2L$$

Substituindo o comprimento de onda do modo fundamental na equação fundamental da ondulatória, temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 2L \cdot f_1 \therefore f_1 = \frac{v}{2L}$$

Para o **segundo modo de vibração** ou **segundo harmônico**, a distância entre dois nós consecutivos corresponde a uma onda inteira, $L = \lambda_2$, como mostra a **Figura 5.20 B**.

Logo, temos:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = L \cdot f_2 \therefore f_2 = \frac{v}{L} \text{ ou } f_2 = 2 \cdot f_1$$

Assim, podemos generalizar o caso e obter uma equação para calcular o comprimento de onda de um harmônico *n* e sua frequência de vibração.

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \left(\text{sendo } n = 1, 2, 3, \ldots\right)$$

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2L} \text{ ou } f_n = n \cdot f_1 \left(\text{sendo } n = 1, 2, 3, \ldots\right)$$

Na prática, o comprimento da corda que gera os harmônicos varia de acordo com a posição da mão que pressiona as cordas do instrumento. Esse ajuste ao pressionar as cordas de forma específica produz diferentes sons (**Fig. 5.21**).

A. EINSIEDLER/SHUTTERSTOCK

Figura 5.21 Pressionar as cordas em diferentes posições enquanto ela vibra, por exemplo, ao tocar violão, faz com que diferentes sons sejam produzidos.

Vejamos um exemplo: considere que a corda do violão da **Figura 5.21** tem comprimento igual a 0,6 m. Qual é o comprimento de onda do harmônico fundamental? Qual é a frequência de vibração do harmônico fundamental, sabendo que a velocidade de propagação da onda é de 300 m s^{-1}?

O comprimento de onda do harmônico fundamental é dado por $\lambda_1 = 2L$, portanto:

$$\lambda_1 = 2 \cdot 0{,}6 \text{ m} \therefore \lambda_1 = 1{,}2 \text{ m}$$

A frequência de vibração do harmônico fundamental é dada por:

$$f_1 = \frac{v}{2L} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{300 \text{ m s}^{-1}}{1{,}2 \text{ m}} \therefore f_1 = 250 \text{ Hz}$$

Instrumentos de sopro

A

ALEX DI/SHUTTERSTOCK

B

DOTTA2

Mencione também para os alunos a zampoña, instrumento típico dos povos andinos.

Figura 5.22 Exemplos de instrumentos de sopro: **(A)** flauta doce e **(B)** flauta de pã feita com canudinhos de papel.

MODERNA

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

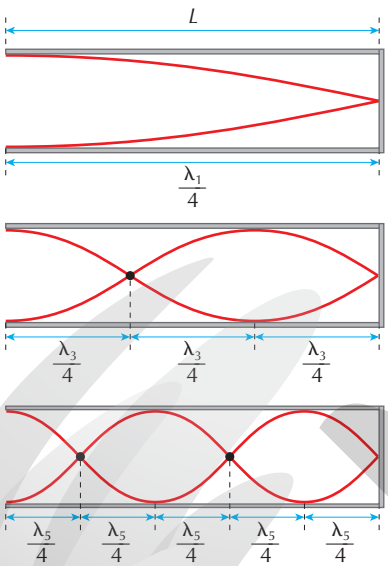
Os instrumentos de sopro produzem som a partir do ar que sai dos pulmões e é direcionado para dentro de um cilindro. O instrumento de sopro mais simples é a flauta doce (**Fig. 5.22 A**), mas existem muitos outros diferentes, como o saxofone, a tuba e a flauta de pã, que na **Figura 5.22 B** foi produzida com canudinhos de papel.

Fisicamente, os instrumentos de sopro são descritos como um tubo sonoro. As ondas produzidas em seu interior se propagam ao longo do tubo e de forma semelhante à corda, isto é, proporcionalmente ao seu comprimento. Existem dois tipos de tubos sonoros: os fechados e os abertos.

Tubos sonoros fechados

Os tubos sonoros que possuem uma de suas extremidades fechadas são chamados de **tubos sonoros fechados**. Uma onda sonora estacionária é formada pela vibração do ar em seu interior por meio do sopro do instrumentista pela parte aberta do tubo, chamada de embocadura. Na parte aberta, a onda sonora forma um nó e na extremidade fechada, um ventre.

Na **Figura 5.23** são mostrados os modos de vibração da onda estacionária em um tubo fechado de comprimento L.



Primeiro harmônico

$1 \cdot \frac{\lambda_1}{4} = L \therefore \lambda_1 = \frac{4L}{1}$

Terceiro harmônico

$3 \cdot \frac{\lambda_3}{4} = L \therefore \lambda_3 = \frac{4L}{3}$

Quinto harmônico

$5 \cdot \frac{\lambda_5}{4} = L \therefore \lambda_5 = \frac{4L}{5}$

Figura 5.23 Representação dos três primeiros harmônicos em um tubo sonoro fechado.

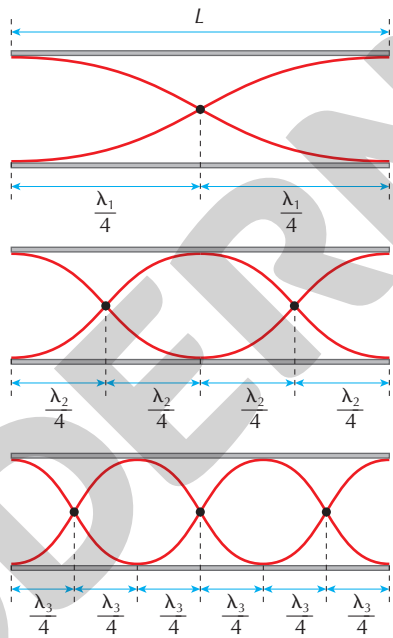
Podemos generalizar para o caso de n harmônicos:

$$\lambda_n = \frac{4L}{n} \text{ (sendo } n = 1, 3, 5, \ldots)$$

$$f_n = n \cdot \frac{v}{4L} \text{ (sendo } n = 1, 3, 5, \ldots)$$

Tubos sonoros abertos

Tubos sonoros que possuem as duas extremidades abertas são chamados de **tubos sonoros abertos**. Nos tubos abertos, os ventres se formam nas suas extremidades. Na **Figura 5.24** são mostrados os modos de vibração de uma onda estacionária em um tubo aberto de comprimento L.



Primeiro harmônico

$2 \cdot \frac{\lambda_1}{4} = L \therefore \lambda_1 = \frac{2L}{1}$

Segundo harmônico

$4 \cdot \frac{\lambda_2}{4} = L \therefore \lambda_2 = \frac{2L}{2}$

Terceiro harmônico

$6 \cdot \frac{\lambda_3}{4} = L \therefore \lambda_3 = \frac{2L}{3}$

Figura 5.24 Representação dos três primeiros harmônicos em um tubo sonoro aberto.

Generalizando para o caso de n harmônicos:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \text{ (sendo } n = 1, 2, 3, \ldots)$$

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2L} \text{ (sendo } n = 1, 2, 3, \ldots)$$

Observe que, como n não tem restrições, no tubo aberto obtêm-se frequências naturais de todos os harmônicos.

Fique por dentro

Onda em corda

Com esse simulador, você pode produzir ondas e observar como elas se propagam por uma corda. Faça alguns ajustes na tensão da corda e no amortecimento para verificar como a propagação das ondas varia.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html>.

Interferência de onda

Nesse simulador, você pode produzir ondas usando uma torneira pingando, um alto-falante ou um *laser*. É possível colocar uma segunda fonte ou um par de fendas e observar os padrões de interferência.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html>.

Acessos em: 6 jul. 2020.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Atividades

Registre em seu caderno

1. O nível sonoro de uma onda é igual a 80 dB. Qual é a intensidade dessa onda? Considere a intensidade sonora mínima igual a 10^{-12} W m^{-2}.

2. Numa noite escura, a luz de um relâmpago é vista por uma pessoa na janela de sua casa. No entanto, o ruído do trovão demora 4 segundos para ser ouvido. Calcule a que distância o relâmpago caiu em relação à pessoa que ouviu o trovão. Considere a velocidade do som igual a 340 m s^{-1}.

3. Um sonar emite ondas em direção ao fundo do oceano e capta as ondas refletidas por um objeto 0,5 s depois. Calcule a profundidade em que o objeto está. Considere a velocidade do som na água do mar igual a 1.500 m s^{-1}.

4. Um motorista viajando de carro a 70 km h^{-1} observa no sentido contrário um carro de polícia se aproximando a 100 km h^{-1} com a sirene ligada. O som emitido pela sirene tem frequência de 1.100 Hz. Considerando a velocidade do som igual a 340 m s^{-1}, qual é a frequência percebida pelo motorista?

5. Calcule o comprimento de onda e a frequência de onda do terceiro harmônico de um tubo aberto de 30 cm de comprimento. Considere a velocidade de propagação do som igual a 300 m s^{-1}.

6. (Enem) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro.

Essa diferenciação se deve principalmente ao(à)

a) intensidade sonora do som de cada instrumento musical.

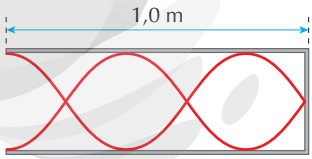
b) potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.

c) diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical.

d) timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.

e) altura do som, que possui diferentes frequências para diferentes instrumentos musicais.

7. Observe a figura a seguir, que representa uma onda estacionária em um tubo fechado.



Considerando a velocidade de propagação do som no ar de 340 m s^{-1}, determine:

a) o harmônico representado.

b) o comprimento de onda.

c) a frequência correspondente a esse harmônico.

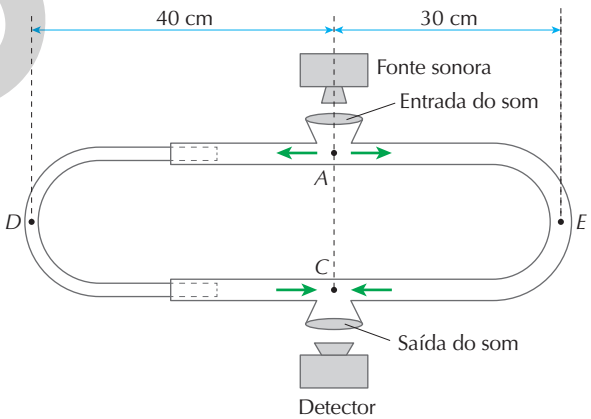
8. (UFRGS-RS) A figura abaixo representa uma onda estacionária produzida em uma corda de comprimento $L = 50$ cm.

Sabendo que o módulo da velocidade de propagação de ondas nessa corda é 40 m s^{-1}; a frequência da onda é de

a) 40 Hz. **c)** 80 Hz. **e)** 120 Hz.

b) 60 Hz. **d)** 100 Hz.

9. (Enem) O trombone de Quincke é um dispositivo experimental utilizado para demonstrar o fenômeno da interferência de ondas sonoras. Uma fonte emite ondas sonoras de determinada frequência na entrada do dispositivo. Essas ondas se dividem pelos dois caminhos (*ADC* e *AEC*) e se encontram no ponto *C*, a saída do dispositivo, onde se posiciona um detector. O trajeto *ADC* pode ser aumentado pelo deslocamento dessa parte do dispositivo. Com o trajeto *ADC* igual ao *AEC* capta-se um som muito intenso na saída. Entretanto, aumentando-se gradativamente o trajeto *ADC*, até que ele fique como mostrado na figura, a intensidade do som na saída fica praticamente nula. Desta forma, conhecida a velocidade do som no interior do tubo (320 m s^{-1}) é possível determinar o valor da frequência do som produzido pela fonte.



O valor da frequência, em hertz, do som produzido pela fonte sonora é

a) 3.200 **c)** 800 **e)** 400

b) 1.600 **d)** 640

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Reflexões sobre a ciência

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 2; 4; 7
Habilidades: EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT303

Como o tratamento de dados e as interpretações baseadas em seus resultados podem influenciar a qualidade das conclusões?

Reflita sobre a questão acima e registre suas ideias iniciais na forma de uma lista com os diferentes tipos de pesquisa que você conhece, incluindo breve descrição de como os dados são analisados em cada um deles. Em seguida, leia o texto e responda às questões.

Com certeza você já realizou pesquisas e seminários em sua vida escolar. E, muito provavelmente, a pesquisa foi do tipo bibliográfica ou do tipo documental, ou seja, a fonte de dados utilizada foi materiais físicos ou digitais, escritos e produzidos por outras pessoas. Em uma **pesquisa bibliográfica** são utilizados livros, jornais, revistas, artigos, enciclopédias, dicionários ou quaisquer outros materiais disponíveis em bibliotecas ou *sites*. Já nas **pesquisas documentais**, os materiais utilizados podem ser relatórios, cartas e diários pessoais, fotografias, pinturas, gravações ou ainda outros documentos originais preservados em museus, igrejas e universidades. A diferença principal entre elas é que, no primeiro caso, o pesquisador se baseia em textos publicados por especialistas para explicar ou apresentar um resultado que responda ao problema e atenda ao objetivo da pesquisa. E, no segundo, o próprio pesquisador, seja o cientista ou você, tem a oportunidade de analisar os dados e chegar às próprias conclusões sobre o tema em estudo.

Existe ainda uma segunda fonte de dados que é a observação direta dos fatos e dos fenômenos envolvendo objetos ou um grupo de indivíduos. Nesse caso, a obtenção dos dados pode ser feita por meio de três procedimentos principais, as pesquisas experimentais, as pesquisas de campo e os estudos de caso.

As **pesquisas experimentais** são frequentemente associadas aos laboratórios. De fato, esse tipo de pesquisa, nas áreas das Ciências da Saúde e da Natureza, necessita de condições especiais, e um exemplo disso é a *Prática investigativa* proposta na Unidade 1 deste volume, em que foi possível realizar e observar, de maneira segura, diferentes reações químicas. Mas, dependendo do tema e do objeto de estudo, os experimentos podem ser realizados exclusivamente em ambientes virtuais, por meio da **modelagem computacional**. A previsão do tempo é um bom exemplo. Existem programas de computador capazes de analisar as condições atmosféricas, como o movimento das correntes de ar, e prever quais condições climáticas têm maior probabilidade de acontecer nas próximas horas, dias, semanas ou meses. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) possui quatro supercomputadores destinados ao estudo do clima no país, e o mais novo deles recebeu o nome de Tupã. Pesquisadores de todas as regiões do Brasil têm usado o Tupã para simular diferentes projeções de mudanças climáticas, como as resultantes das interferências humanas no ambiente. Nessas pesquisas, os cientistas buscam entender e explicar quais serão os possíveis cenários (ciclo das chuvas, temperaturas da atmosfera etc.) caso haja, por exemplo, aumento ou diminuição nas concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera.

Nas **pesquisas de campo**, como o próprio nome sugere, as coletas de dados são realizadas diretamente no local onde ocorrem os fenômenos associados ao estudo. A maior parte do trabalho é feita pessoalmente pelo cientista por meio de entrevistas com grupos de pessoas em comunidades ou da observação direta do objeto de estudo, que demanda tempo e atenção aos detalhes. É o que ocorre, por exemplo, nos levantamentos de flora e de fauna de determinada região ou ecossistema. Nessas pesquisas são exigidas longas e detalhadas observações do ambiente, que podem resultar na descrição de novas espécies. Agora, caso o pesquisador tenha interesse em estudar exclusivamente um único objeto ou indivíduo, o trabalho científico será classificado como **estudo de caso**. A principal diferença está na abrangência, e não no ambiente onde é realizado. Entretanto, seja nas pesquisas de campo ou em estudos de caso, existe o propósito de analisar profundamente o objeto de estudo, de forma que se obtenha o maior número de informações possível.

Ao planejar uma pesquisa ou trabalho científico, é necessário escolher entre um ou outro método de explicação dos dados e justificar essa decisão. Na prática científica, o ato de interpretar os dados de uma pesquisa pode ser explicado como a forma de processar informações para permitir um melhor conhecimento da realidade. Ele segue procedimentos lógicos ou linhas de raciocínio para se chegar a conclusões que podem ser deduzidas ou induzidas, dependendo do tipo de pesquisa realizada, da quantidade de dados obtidos e, principalmente, do objeto de estudo.

No **método indutivo**, os pesquisadores analisam os dados em situações particulares e, com base neles, elaboram uma regra mais generalista. Por exemplo, as conclusões sobre a eficácia de determinada vacina foram elaboradas com base na observação dos resultados dos testes em cobaias animais e em um grupo de voluntários humanos. Nesses ensaios, verificou-se que quase 100% dos voluntários vacinados desenvolveram imunidade a determinada doença (observação particular), e essa informação induziu a conclusão de que a mesma taxa de eficácia será alcançada em toda a população do planeta (informação geral). Já no **método dedutivo**, os pesquisadores utilizam informações gerais, leis ou teorias para

Continua

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

EXCLUSIVA

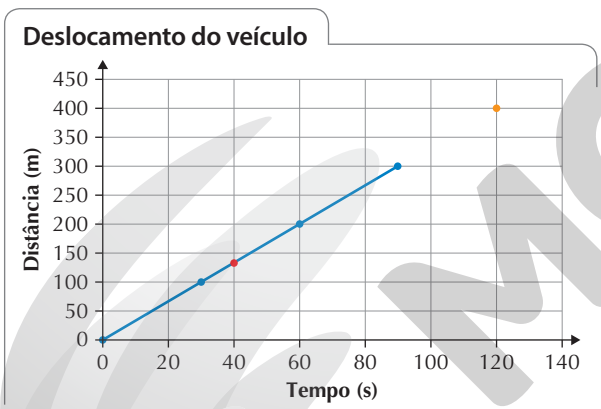
explicar os dados obtidos em suas pesquisas e chegar a conclusões mais específicas ou particulares. Por exemplo, se hoje sabemos da eficácia da estratégia da vacinação em massa de uma população (informação geral), podemos deduzir que a população estará imune a uma série de doenças (conclusão particular) caso tenha participado das campanhas de vacinação e esteja com as vacinas em dia.

Os conceitos de **dedução** e **indução** das conclusões podem também ser explicados com os termos interpolação e extrapolação, respectivamente. Essas palavras são mais comumente usadas em estudos das relações entre duas variáveis numéricas, nas Ciências Exatas. Em um estudo sobre a velocidade de um carro em movimento, por exemplo, foram estabelecidas relações entre a distância percorrida pelo veículo e o tempo gasto no deslocamento, conforme os dados apresentados na tabela e no gráfico a seguir.

Dados de tempo, em segundos, e de distância percorrida, em metros, obtidos no estudo do deslocamento de um veículo.

Tempo, *t* (s)	Distância, *s* (m)
0	0
30	100
60	200
90	300

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Os dados do estudo foram obtidos em intervalos de 30 segundos até o tempo máximo de 90 segundos. Considerando o período de tempo analisado, de 0 a 90 segundos, podemos interpolar ou deduzir qualquer outro valor de distância percorrida com base em um valor de tempo diferente desde que ele esteja dentro da faixa de valores observados. Por exemplo, no tempo $t = 40$ s, ponto vermelho no gráfico. Mesmo que a análise ultrapasse os limites dos dados obtidos, também será possível determinar a distância percorrida por meio da extrapolação dos dados, como em $t = 120$ s, ponto em laranja no gráfico. Interpolar, portanto, significa concluir ou chegar a um resultado com base em informações que estão contidas em um conjunto de dados e informações. Já extrapolar significa fazer o caminho inverso, ou seja, com base em dados e características particulares observados induzir uma conclusão, que será sempre uma generalização e não uma regra.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Leia o texto a seguir e responda às questões.

> Divulgadas durante períodos eleitorais em todo o mundo, as pesquisas de intenção de voto costumam incendiar campanhas e influenciar eleitores. [...]
>
> [...] Geralmente, [as pesquisas de intenção de voto] envolvem entrevistas a algumas centenas de pessoas. O número varia de acordo com o instituto [de pesquisa]. [...]
>
> Os números podem parecer pequenos, diante do universo eleitoral brasileiro de quase 143 milhões de pessoas [em 2014], mas os institutos de pesquisa garantem que são suficientes para representar os eleitores do país e retratar, considerando-se as margens de erros e os intervalos de confiança, as intenções de voto dos brasileiros.
>
> O segredo, explicam os institutos, está na escolha dessa amostra, que não tem nada de aleatória. Trata-se de um trabalho estatístico que busca dividir o eleitorado de acordo com critérios como sexo, idade, escolaridade, ocupação e espaço geográfico. O pressuposto é que eleitores com características semelhantes tendem a ter a mesma preferência política.
>
> **Fonte:** ABDALA, V. Saiba como são feitas as pesquisas de intenção de voto. *Agência Brasil*, 23 set. 2014. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2014-09/saiba-como-sao-feitas-pesquisas-de-intencao-de-voto>. Acesso em: 15 jul. 2020.

a) Que relação é possível traçar entre o texto acima e as informações apresentadas pelo texto desta seção?

b) As conclusões provenientes de pesquisas de intenção de voto são feitas por meio da interpolação ou da extrapolação de dados? Justifique sua resposta, mencionando excertos do texto.

c) Considerando sua resposta ao item anterior, de que forma uma etapa de amostragem populacional sem critérios adequados pode deturpar as conclusões da pesquisa e influenciar a decisão de votos de eleitores?

2. Entre os anos de 1997 e 2003, a Organização Mundial da Saúde (OMS) desenvolveu um estudo sobre o padrão de crescimento das crianças de diferentes países (Brasil, Estados Unidos, Gana, Índia, Noruega e Omã). Nesse estudo, 8.500 crianças foram acompanhadas durante os 5 primeiros anos de vida. No gráfico a seguir, estão indicados os padrões de crescimento entre os meninos de 2 a 5 anos de idade. A linha verde representa os

Continua

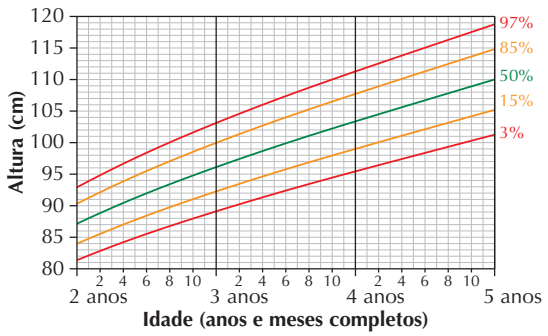
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

valores máximos verificados em 50% da população de meninos estudada. Analise o gráfico e responda às questões a seguir.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Padrão de crescimento de meninos entre 2 e 5 anos de idade



Fonte: WHO Child Growth Standards. Disponível em: <https://www.who.int/childgrowth/standards/cht_hfa_boys_p_2_5.pdf?ua=1>. Acesso em: 15 jul. 2020.

a) Que procedimento científico foi adotado no estudo realizado pela OMS? Quais características do estudo comprovam a sua resposta?

b) Deduza qual é a altura máxima, em centímetro, verificada em 50% dos meninos com idade de 3 anos e 8 meses.

c) Extrapolando os dados do gráfico e assumindo que a taxa de crescimento continua constante após os 5 anos de idade, qual altura máxima poderá ser induzida para 50% dos meninos ao completarem 5 anos e 2 meses?

3. Retome o registro feito no início desta seção e reavalie sua resposta. Em seguida, com base em uma situação-problema de sua comunidade, proponha como você poderia usar um dos tipos de pesquisa estudados e de tratamento de dados para buscar soluções para ela.

Pensamento crítico e argumentação

Registre em seu caderno

Consumo, logo existo.
Qual é o papel da publicidade no consumo?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 7; 8; 9; 10
Habilidades: EM13CNT301; EM13CNT303; EM13LGG703; EM13LP12

Entre os atributos fundamentais que diferenciam a Ciência de outras formas de saber está a **revisão por pares**, isto é, a possibilidade de dados e evidências resultantes de uma pesquisa serem examinados criticamente e de forma contínua pela comunidade científica. Isso ocorre porque os métodos da Ciência têm abordagens sistemáticas que prezam a transparência metodológica, de forma que potenciais fontes de erros possam ser corrigidas ao longo do tempo. O método hipotético dedutivo baseia-se no teste de hipóteses e no uso do raciocínio dedutivo. Ele é um dos métodos mais difundidos na Ciência e está apoiado em vários princípios. Nesta seção, vamos explorar alguns desses princípios e refletir sobre o papel da publicidade no consumo.

No método hipotético dedutivo, o critério de **falseabilidade** é fundamental para que uma afirmação seja considerada científica. Falsear significa invalidar. Então, ao analisar uma afirmação ou teoria, buscam-se possíveis maneiras de falseá-la pela experiência. Nas Ciências, hipóteses e teorias não são comprovadas definitivamente em decorrência da mutabilidade dos eventos ao longo do tempo. Em razão dessa dificuldade para alcançar a verdade absoluta em enunciados científicos, é comum adotar a falseabilidade como um dos critérios para diferenciar alegações científicas das demais formas de conhecimento.

1. Em duplas, considerem as afirmações a seguir. Indiquem se elas são falseáveis ou não e justifiquem.

a) Todas as crianças até os 9 anos de idade são suscetíveis aos efeitos da publicidade.

b) A publicidade é sempre responsável pelo consumo não sustentável.

c) Há forças invisíveis que atuam no comportamento humano, interferindo na decisão de consumir ou não um produto.

A **replicabilidade** também é um critério que possibilita discernir o caráter científico de um estudo ou do conhecimento dele proveniente. Essa ideia diz respeito aos critérios e aos métodos usados durante a coleta de dados, permitindo que estudos utilizando métodos equivalentes aos de um estudo original obtenham resultados semelhantes. Considerando que as Ciências da Natureza têm como um de seus objetivos encontrar regras amplamente aplicáveis por meio das quais o universo opera, a replicabilidade é uma característica essencial para avaliar a qualidade das evidências de um estudo científico.

Continua

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

MODERNA

2. Com a sua dupla leiam os trechos dos estudos a seguir.

Estudo A

O cérebro consumista

A decisão de comprar ou não um DVD, uma camiseta ou outras maravilhas do mundo do consumo não é tão simples quanto parece. Para entender os mecanismos envolvidos nessa escolha, Brian Knutson, da Universidade Stanford, examinou com um aparelho de ressonância magnética funcional a atividade cerebral de 26 pessoas que faziam compras virtuais (Neuron). Ele verificou que a compra de um produto desejado ativa uma região do cérebro chamada núcleo *accumbens*, ligada à sensação de recompensa. Quando o voluntário considerava o objeto de desejo caro demais, outra região cerebral, a ínsula, entrava em funcionamento, enquanto o córtex pré-frontal mesial era desligado – a ocorrência simultânea desses fenômenos está associada à expectativa de perda e dor, uma indicação de que pulsões anteriores ao capitalismo controlam o desejo de consumir.

Fonte: CESAR, E. O cérebro consumista. *Revista Pesquisa Fapesp*, fev. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-cerebro-consumista/>. Acesso em: 15 jul. 2020.

Estudo B

Anúncios de alimentos, ingestão de energia e resposta cerebral

Esse estudo testou se a exposição de crianças a comerciais de alimentos ou brinquedos pode interferir na tomada de decisão. Ele foi realizado com 41 crianças, entre 7 e 9 anos de idade, divididas em saudáveis e com sobrepeso, que foram acompanhadas durante cinco refeições. As crianças foram divididas nos seguintes grupos: aquelas que se alimentaram sem serem expostas a comercial, aquelas que foram expostas a comercial de alimentos e aquelas que foram expostas a comercial de brinquedos. Os cérebros das crianças foram mapeados por ressonância magnética funcional enquanto elas visualizavam as imagens dos comerciais. Os dados foram analisados por modelagem e os resultados foram comparados entre os diferentes perfis de crianças, conforme os três grupos. O estudo demonstrou que os comerciais de alimentos afetam o processamento de sugestões alimentares em regiões do cérebro envolvidas no controle cognitivo, de processamento sensorial e de atenção. Esses resultados sugerem que os comerciais de alimentos interferem no processamento neural das sugestões de alimentos. As respostas cerebrais diferem dependendo do peso da criança e alteram a tomada de decisão sobre alimentos. Com a replicação do estudo com um maior número de crianças, esses resultados poderiam ajudar a explicar por que algumas crianças são mais vulneráveis ao conteúdo publicitário do que outras.

Fonte consultada: MASTERSON, T. D. *et al.* Food commercials do not affect energy intake in a laboratory meal but do alter brain responses to visual food cues in children. *Appetite*, v. 132, n. 1, p. 154-165, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195666318302058>. Acesso em: 15 jul. 2020.

Agora, respondam às questões.

a) Quais foram as conclusões de cada estudo?

b) A ideia de *replicabilidade* está presente nesses estudos? Justifiquem.

c) A ideia de *falseabilidade* está presente nesses estudos? Justifiquem.

d) Segundo os critérios da *replicabilidade* e da *falseabilidade*, o que vocês diriam sobre a qualidade desses estudos científicos? Eles são satisfatórios ou não? Por quê?

3. Considerando as discussões geradas pelas atividades anteriores e de acordo com as instruções do professor, mantenha sua dupla e proponham um projeto de pesquisa fictício que responda à seguinte pergunta: *qual é o papel da publicidade no consumo da comunidade escolar da qual faço parte?*

a) O projeto fictício de vocês deve ser escrito na forma de um resumo (como os da questão 2) e incluir até três frases respondendo a cada um dos seguintes itens:

i. Que problema será pesquisado?

ii. Qual é a resposta esperada para a pergunta de pesquisa (qual é a hipótese)?

iii. Como a resposta será obtida (como os dados serão coletados e analisados)?

b) Ao pensar nesse projeto de pesquisa, na coleta de dados e na forma de comunicar a conclusão, indiquem como vocês vão contemplar os princípios de *replicabilidade* e *falseabilidade*.

O consumismo crescente da pós-modernidade pode ser explicado de várias formas. Para cientistas sociais, podemos consumir como símbolo de *status*, estilo de vida, bem-estar social e pela sensação de pertencimento. Considerando as intricadas relações entre o ter e o ser (consumo, logo existo) e o papel da publicidade na forma como consumimos, você considera pertinente falar em consumo sustentável para atender às demandas crescentes e necessárias de cuidados com o planeta?

4. Façam uma pesquisa sobre os desafios do consumo sustentável.

- Considerando as discussões propostas nesta seção, criem um *post* em uma rede social abordando a importância do consumo responsável/sustentável. Nesse *post*, vocês devem incluir pelo menos uma informação científica que tenha passado pelos critérios da *replicabilidade* e da *falseabilidade*.

Materiais adicionais para esta questão, que contemplem inclusive a possibilidade de uma coleta de dados real junto à comunidade escolar, podem ser encontrados nas orientações específicas para esta seção, no Suplemento para o professor.

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

EM ABERTA

Comunicação

Registre em seu caderno

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 3; 4; 5; 8; 9; 10
Habilidades: EM13CNT207; EM13CNT302; EM13CNT306; EM13CHS301; EM13LP45

[...] Algumas cidades começaram a adotar medidas para controlar a barulheira. Em Kankinada, na Índia, foram instalados sensores em pontos estratégicos para detectar mudanças nas emissões sonoras. O objetivo é municiar o governo de ferramentas para limitar a circulação de veículos em determinados horários e até reavaliar os padrões do tráfego aéreo. [...]

Fonte: ARANHA, C. Aumento de barulho urbano leva cidades a procurarem soluções para mapear ruídos. *Época Negócios,* 6 dez. 2019. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/12/aumento-de-barulho-urbano-leva-cidades-procurarem-solucoes-para-mapear-ruidos.html>. Acesso em: 15 jul. 2020.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), uma em cada três pessoas na Europa é exposta aos altos níveis de ruído durante o dia, e 20% não conseguem dormir bem pelo excesso de ruído. No Brasil, o cenário não é muito diferente. Ocupamos a 5ª posição dos países com os maiores índices de poluição sonora, esta que pode ser responsável pelo comprometimento do sistema auditivo e do bom funcionamento do organismo.

Com base nisso, vamos medir os ruídos em diferentes regiões do município onde você vive para identificar as áreas com maior nível de poluição sonora e propor medidas mitigatórias que promovam a melhora na qualidade de vida da população local. Nessa proposta, você e seu grupo utilizarão um decibelímetro de aplicativo de celular, farão um mapeamento dessas regiões e apresentarão os dados coletados e as sugestões mitigatórias à comunidade em forma de *podcast*.

Reúnam-se em grupos e façam um levantamento de todas as regiões do município onde vocês vivem para fazer a medição dos ruídos. Procurem abranger as mais diversificadas áreas. Como cada grupo ficará responsável pela medição dos ruídos em uma das regiões elencadas inicialmente, conversem entre si para evitar que sejam feitas medições em áreas repetidas. Antes de se deslocarem ao local, baixem um decibelímetro em um aparelho de celular; há vários aplicativos desse gênero disponíveis gratuitamente. No dia da coleta de dados, desloquem-se para diferentes locais do município, tendo previamente combinado os horários das medições. Anotem a medida de ruído em decibéis. Lembrem-se da importância das réplicas.

Após a coleta de dados por todos os grupos, reúnam-nos, pesquisem sobre os níveis de ruídos e a saúde humana e avaliem os dados coletados à luz dessa informações, identificando as áreas com a poluição sonora crítica, ou seja, que pode comprometer a saúde da comunidade local. Busquem em fontes confiáveis medidas mitigatórias possíveis de serem implementadas pela população e até mesmo pelas autoridades locais.

Por fim, elaborem um roteiro contendo o resultado das análises e gravem o *podcast*. Ele deve ter duração máxima de cinco minutos. Combinem a forma de divulgação do *podcast* com os colegas de turma e com o professor. Após a revisão do material, publiquem-no nas redes sociais e no *site* da escola, se houver, e compartilhem-no com seus colegas e familiares.

Revise e amplie!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com a Unidade foi finalizado, é o momento de autoavaliar seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, reflita sobre as questões abaixo.

- O que eu aprendi sobre a temática desenvolvimento sustentável?
- O que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?

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

MODERNA

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

1												13	14	15	16	17	18
1 **H** hidrogênio 1,008	2																2 **He** hélio 4,003
3 **Li** lítio 6,94	4 **Be** berílio 9,012											5 **B** boro 10,81	6 **C** carbono 12,01	7 **N** nitrogênio 14,01	8 **O** oxigênio 16,00	9 **F** flúor 19,00	10 **Ne** neônio 20,18
11 **Na** sódio 22,99	12 **Mg** magnésio 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 **Al** alumínio 26,98	14 **Si** silício 28,09	15 **P** fósforo 30,97	16 **S** enxofre 32,06	17 **Cl** cloro 35,45	18 **Ar** argônio 39,95
19 **K** potássio 39,10	20 **Ca** cálcio 40,08	21 **Sc** escândio 44,96	22 **Ti** titânio 47,87	23 **V** vanádio 50,94	24 **Cr** crômio 52,00	25 **Mn** manganês 54,94	26 **Fe** ferro 55,85	27 **Co** cobalto 58,93	28 **Ni** níquel 58,69	29 **Cu** cobre 63,55	30 **Zn** zinco 65,38	31 **Ga** gálio 69,72	32 **Ge** germânio 72,63	33 **As** arsênio 74,92	34 **Se** selênio 78,97	35 **Br** bromo 79,90	36 **Kr** criptônio 83,80
37 **Rb** rubídio 85,47	38 **Sr** estrôncio 87,62	39 **Y** ítrio 88,91	40 **Zr** zircônio 91,22	41 **Nb** nióbio 92,91	42 **Mo** molibdênio 95,95	43 **Tc** tecnécio	44 **Ru** rutênio 101,1	45 **Rh** ródio 102,9	46 **Pd** paládio 106,4	47 **Ag** prata 107,9	48 **Cd** cádmio 112,4	49 **In** índio 114,8	50 **Sn** estanho 118,7	51 **Sb** antimônio 121,8	52 **Te** telúrio 127,6	53 **I** iodo 126,9	54 **Xe** xenônio 131,3
55 **Cs** césio 132,9	56 **Ba** bário 137,3	57–71 lantanídios	72 **Hf** háfnio 178,5	73 **Ta** tântalo 181,0	74 **W** tungstênio 183,8	75 **Re** rênio 186,2	76 **Os** ósmio 190,2	77 **Ir** irídio 192,2	78 **Pt** platina 195,1	79 **Au** ouro 197,0	80 **Hg** mercúrio 200,6	81 **Tl** tálio 204,4	82 **Pb** chumbo 207,2	83 **Bi** bismuto 209,0	84 **Po** polônio	85 **At** astato	86 **Rn** radônio
87 **Fr** frâncio	88 **Ra** rádio	89-103 actinídios	104 **Rf** rutherfórdio	105 **Db** dúbnio	106 **Sg** seabórgio	107 **Bh** bóhrio	108 **Hs** hássio	109 **Mt** meitnério	110 **Ds** darmstádtio	111 **Rg** roentgênio	112 **Cn** copernício	113 **Nh** nihônio	114 **Fl** fleróvio	115 **Mc** moscóvio	116 **Lv** livermório	117 **Ts** tennesso	118 **Og** oganessônio

57 **La** lantânio 138,9	58 **Ce** cério 140,1	59 **Pr** praseodímio 140,9	60 **Nd** neodímio 144,2	61 **Pm** promécio	62 **Sm** samário 150,4	63 **Eu** európio 152,0	64 **Gd** gadolínio 157,3	65 **Tb** térbio 158,9	66 **Dy** disprósio 162,5	67 **Ho** hólmio 164,9	68 **Er** érbio 167,3	69 **Tm** túlio 168,9	70 **Yb** itérbio 173,1	71 **Lu** lutécio 175,0
89 **Ac** actínio	90 **Th** tório 232,0	91 **Pa** protactínio 231,0	92 **U** urânio 238,0	93 **Np** netúnio	94 **Pu** plutônio	95 **Am** amerício	96 **Cm** cúrio	97 **Bk** berquélio	98 **Cf** califórnio	99 **Es** einstênio	100 **Fm** férmio	101 **Md** mendelévio	102 **No** nobélio	103 **Lr** laurêncio

legenda:

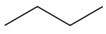
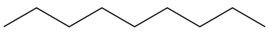
número atômico
símbolo
nome
massa atômica

Fonte consultada: IUPAC. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.jpg>. Acesso em: 24 jul. 2020.

MODERNA

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

Tabelas para consulta

Nomenclatura de compostos orgânicos: prefixos		
Número de átomos de carbono	**Prefixo**	**Hidrocarboneto saturado de cadeia aberta não ramificada correspondente**
1	met	Metano, CH_4
2	et	Etano, $H_3C - CH_3$
3	prop	Propano,
4	but	Butano, 
5	pent	Pentano,
6	hex	Hexano,
7	hept	Heptano,
8	oct	Octano,
9	non	Nonano, 
10	dec	Decano,
11	undec	Undecano,
12	dodec	Dodecano,

Fonte consultada: PANICO, R. *et al. Guia IUPAC para a nomenclatura de compostos orgânicos*. Tradução portuguesa, nas variantes europeia e brasileira. Tradução José Augusto Rosário Rodrigues *et al*. Lisboa: Lidel, 2002.

Potenciais padrão de redução em água a 25 °C	
Semirreação	**$E°_{red}$ (V)**
$F_2(g) + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,F^-(aq)$	+2,87
$Cl_2(g) + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,Cl^-(aq)$	+1,36
$O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- \rightleftharpoons 2\,H_2O(l)$	+1,23
$Br_2(l) + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,Br^-(aq)$	+1,07
$Ag^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$	+0,80
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq)$	+0,77
$O_2(g) + 2\,H^+(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons H_2O_2(aq)$	+0,70
$I_2(s) + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,I^-(aq)$	+0,54
$O_2(g) + 2\,H_2O(l) + 4\,e^- \rightleftharpoons 4\,OH^-(aq)$	+0,40
$Cu^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Cu(s)$	+0,34
$2\,H^+(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	0,00
$Ni^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Ni(s)$	−0,26
$Fe^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	−0,45
$Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	−0,76
$2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$	−0,83
$Al^{3+}(aq) + 3\,e^- \rightleftharpoons Al(s)$	−1,68
$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$	−2,71
$Li^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Li(s)$	−3,04

Fonte consultada: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 96. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

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

MODERNA

Respostas

UNIDADE 1

Tema 1

2. $d = 25$ m
3. $\mathcal{C}_F = 10$ J
4. $\mathcal{C}_P = 800$ J
5. $\theta = 0°$
6. e
7. $E_c = 24$ J
8. $v_B \simeq 44{,}7$ m s^{-1}
9. $P_{motor} \simeq 33.856$ W
10. $\mathcal{C}_{F_{at}} = -680$ J
11. a
12. c
13. $\mathcal{C}_F = 225$ J
14. a) $\mathcal{C}_{pilão} = 30$ J b) 10 pessoas

Tema 2

1. a) Endotérmico.
b) Endotérmico.
c) Exotérmico.
d) Exotérmico.
2. Corretas: a, c
3. Endotérmico.
4. b
6. A planta absorve energia: $\Delta H = +1{,}4 \cdot 10^6$ J
7. a
8. a) $\Delta_r H = +160$ kJ mol^{-1}
9. $\Delta_c H = -1.453$ kJ
10. a) $\Delta_r H = -1.415{,}5$ kJ mol^{-1}
b) $\Delta_r H = -86$ kJ mol^{-1}
11. I. Incorreta; II. Incorreta; III. Correta; IV. Incorreta; V. Correta.
12. Compressa fria: NH_4NO_3. Compressa quente: $CaCl_2$.
13. F F V F F

Tema 3

1. e
2. c
3. Corretas: b, c, d
5. e
6. b
8. a

Tema 4

1. c
2. $2{,}9 \cdot 10^{30}$ fótons s^{-1}
3. $\lambda_{máx} = 5.400$ Å. Não ocorre.
4. $\lambda_{máx} = 9.300$ nm. Não está.
5. a) $\lambda_{elétron} \simeq 2{,}4 \cdot 10^{-8}$ m
b) $\lambda_{bolinha} \simeq 2{,}7 \cdot 10^{-33}$ m
6. $r_1 = 0{,}53$ Å; $r_2 = 2{,}12$ Å
7. d
8. a) O fóton com $\Delta E = 12{,}75$ eV
b) $n = 3$
c) Transição $n = 4$ para $n = 1$; $f \simeq 3{,}1 \cdot 10^{15}$ Hz
Transição $n = 4$ para $n = 2$; $f \simeq 6{,}2 \cdot 10^{14}$ Hz
Transição $n = 4$ para $n = 3$; $f \simeq 1{,}6 \cdot 10^{14}$ Hz
9. b
10. a

Tema 5

4. a) Semirreação X: negativo; semirreação Y: positivo
b) $E° = 0{,}84$ V
5. c
7. a

Tema 6

1. e
2. d
3. c
5. b
7. c
8. a

UNIDADE 2

Tema 1

1. b
2. 22 (02 + 04 + 16)
6. b
7. b

Tema 2

2. a
4. b) $x = 12$; $y = 26$
8. e
9. a
10. A – III; B – I; C – II.

Tema 3

3. $2\ Li(s) + I_2(s) \longrightarrow 2\ LiI(s)$
$E°_{pilha} = +3{,}58$ V
7. $E°_{pilha} = +1{,}23$ V
8. b) $E°_{pilha} = +1{,}24$ V
c) $Fe(s) \mid Fe^{2+}(aq) \parallel Ag^+(aq) \mid Ag(s)$
9. $E°_{pilha} = +2{,}48$ V
$Al(s) + 3\ Ag^+(aq) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3\ Ag(s)$
10. d) $HgO(s) + Zn(s) \longrightarrow Hg(l) + ZnO(s)$

Tema 4

1. a
2. $L' = 1{,}0011$ L
3. O período aumenta.
4. O período é igual.
5. a) $n = 40$ oscilações
b) $T = 3$ s
c) $L = 2{,}5$ m
6. a) $f = 0{,}5$ Hz
b) $T = 2$ s
c) $k \simeq 19{,}7$ N m^{-1}
7. e
8. d
9. a) $f = 4 \cdot 10^4$ Hz; $\lambda_{água} = 3{,}5 \cdot 10^{-2}$ m
b) $H = 420$ m
11. c

Tema 5

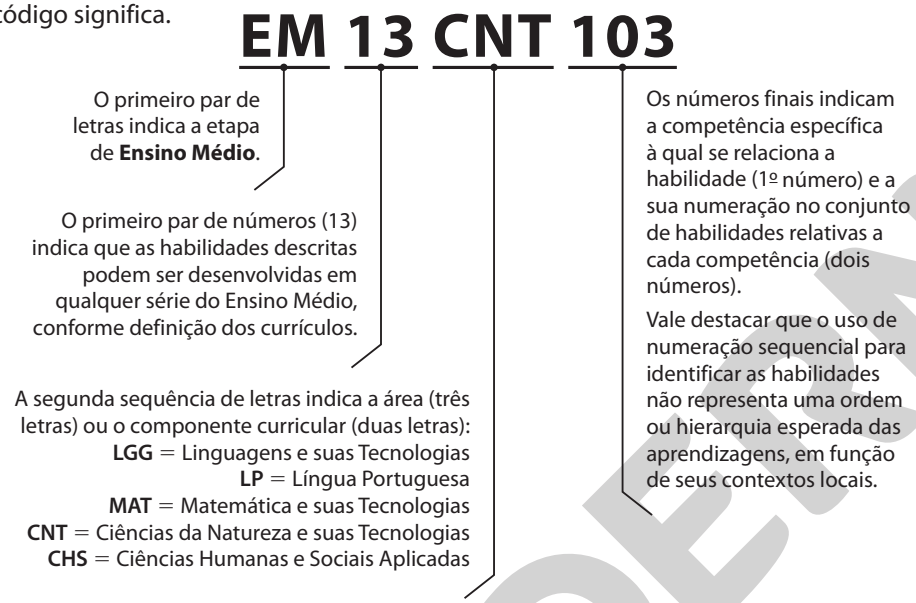
1. $I = 10^{-4}$ W m^{-2}
2. $d = 1{,}36$ km
3. $d = 375$ m
4. $f_{obs} \simeq 1.151$ Hz
5. $\lambda_3 = 0{,}2$ m; $f_3 = 1.500$ Hz
6. d
7. a) Quinto harmônico.
b) $\lambda_5 = 0{,}8$ m
c) $f_5 = 425$ Hz
8. e
9. c

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

Por dentro da BNCC

A BNCC é um documento que apresenta os conhecimentos mínimos que todos os estudantes do Brasil devem aprender durante a Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio). Esses conhecimentos estão estruturados em competências e habilidades. Há 10 competências gerais e cada área de conhecimento possui competências específicas e habilidades.

Cada habilidade, além do texto que a define, possui um código alfanumérico, como o mostrado a seguir. Veja o que cada parte do código significa.



Na tabela a seguir, você pode verificar o texto das competências e das habilidades que estão sendo mobilizadas no desenvolvimento das unidades deste volume.

Competências gerais da Educação Básica
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

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

EM MODERNA

Competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Competência específica 1 Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.
(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.
Competência específica 2 Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
Competência específica 3 Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Continua

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

EM MODERNA

Continuação

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
(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.

Competências específicas e habilidades de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Competência específica 1 Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.
(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).
(EM13CHS106) Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica, diferentes gêneros textuais e 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 difundir informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
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.
(EM13CHS302) Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade.
(EM13CHS304) Analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável.

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

EM MODERNA

Competências específicas e habilidades de 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.
Competência específica 4 Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.
(EM13MAT406) Construir e interpretar tabelas e gráficos de frequências com base em dados obtidos em pesquisas por amostras estatísticas, incluindo ou não o uso de *softwares* que inter-relacionem estatística, geometria e álgebra.
(EM13MAT407) Interpretar e comparar conjuntos de dados estatísticos por meio de diferentes diagramas e gráficos (histograma, de caixa (*box-plot*), de ramos e folhas, entre outros), reconhecendo os mais eficientes para sua análise.

Competências específicas e habilidades de Linguagens e suas Tecnologias
Competência específica 1 Compreender o funcionamento das diferentes linguagens e práticas culturais (artísticas, corporais e verbais) e mobilizar esses conhecimentos na recepção e produção de discursos nos diferentes campos de atuação social e nas diversas mídias, para ampliar as formas de participação social, o entendimento e as possibilidades de explicação e interpretação crítica da realidade e para continuar aprendendo.
(EM13LGG101) Compreender e analisar processos de produção e circulação de discursos, nas diferentes linguagens, para fazer escolhas fundamentadas em função de interesses pessoais e coletivos.
Competência específica 3 Utilizar diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais) para exercer, com autonomia e colaboração, protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva, de forma crítica, criativa, ética e solidária, defendendo pontos de vista que respeitem o outro e promovam os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável, em âmbito local, regional e global.
(EM13LGG303) Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas.
Competência específica 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.
Habilidades de Língua Portuguesa
(EM13LP05) Analisar, em textos argumentativos, os posicionamentos assumidos, os movimentos argumentativos (sustentação, refutação/contra-argumentação e negociação) e os argumentos utilizados para sustentá-los, para avaliar sua força e eficácia, e posicionar-se criticamente diante da questão discutida e/ou dos argumentos utilizados, recorrendo aos mecanismos linguísticos necessários.
(EM13LP12) Selecionar informações, dados e argumentos em fontes confiáveis, impressas e digitais, e utilizá-los de forma referenciada, para que o texto a ser produzido tenha um nível de aprofundamento adequado (para além do senso comum) e contemple a sustentação das posições defendidas.
(EM13LP45) Analisar, discutir, produzir e socializar, tendo em vista temas e acontecimentos de interesse local ou global, notícias, fotodenúncias, fotorreportagens, reportagens multimidiáticas, documentários, infográficos, *podcasts* noticiosos, artigos de opinião, críticas da mídia, *vlogs* de opinião, textos de apresentação e apreciação de produções culturais (resenhas, ensaios etc.) e outros gêneros próprios das formas de expressão das culturas juvenis (*vlogs* e *podcasts* culturais, *gameplay* etc.), em várias mídias, vivenciando de forma significativa o papel de repórter, analista, crítico, editorialista ou articulista, leitor, vlogueiro e *booktuber*, entre outros.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018.

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

MODERNA

Bibliografia

ABIPLAST. *Perfil 2018*: Indústria brasileira de transformação e reciclagem de material plástico. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/10/perfil2018-web_VC.pdf>. Acesso em: 7 maio 2020.
O documento da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (Abiplast) reúne artigos e infográficos sobre mitos e verdades a respeito dos produtos plásticos, dados estatísticos e informações sobre a indústria da reciclagem de material plástico pós-consumo.

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2018/2019. 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O relatório traz dados, oriundos de fonte primária, compilados e tratados com base em critérios científicos, mostrando a estruturação e a implementação de ações, programas e políticas públicas relacionadas à gestão de resíduos sólidos.

AGÊNCIA Senado. Sintomas vão da dor de cabeça à perda da audição e pressão alta. *Senado Notícias*, 28 fev. 2019. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/poluicao-sonora/sintomas-vao-da-dor-de-cabeca-a-perda-da-audicao-e-pressao-alta>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* apresenta os principais sintomas decorrentes da exposição ao ruído.

ALBERTS, B. *et al*. *Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
O livro aborda aspectos moleculares recentes sobre a biologia das células, sendo o conteúdo teórico acompanhado de ilustrações e explicações que ajudam na análise e na compreensão de conceitos relacionados à biologia celular.

ARANHA, C. Aumento de barulho urbano leva cidades a procurarem soluções para mapear ruídos. *Negócios*, 6 dez. 2019. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/12/aumento-de-barulho-urbano-leva-cidades-procurarem-solucoes-para-mapear-ruidos.html>. Acesso em: 14 jul. 2020.
O artigo apresenta os principais desafios para as cidades do futuro controlarem a poluição sonora, além de trazer exemplos de medidas já adotadas por algumas cidades para controlar a emissão sonora.

BALLANTYNE, C. Água demais pode fazer mal e até matar. *Scientific American Brasil*. Disponível em: <https://sciam.com.br/agua-demais-pode-fazer-mal-e-ate-matar/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O artigo apresenta o termo hiponatremia, ou diluição do sangue, causada pelo consumo excessivo de água.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000.
O artigo apresenta o mecanismo de funcionamento dos principais tipos de pilhas e baterias, além de discutir as formas adequadas de descarte.

BRASIL. *Manual de educação para o consumo sustentável*. Brasília: MMA, MEC, IDEC, 2005. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/publicacoes/publicacoes/Manual_completo.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.
Esse manual visa ao fortalecimento das responsabilidades da sociedade com o exercício pleno da cidadania, buscando a reflexão sobre os estilos de vida e hábitos de consumo, bem como as suas relações com a natureza no âmbito local, regional ou mundial.

BRITO, C. Municípios de São Paulo ainda utilizam lixões para descartar resíduos. *Jornal da USP*, 21 nov. 2016. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/municipios-de-sao-paulo-ainda-utilizam-lixoes-para-descartar-residuos/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O artigo trata da questão de os lixões ainda serem utilizados por grande parte dos munícipios do estado de São Paulo.

BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. Tradução de Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.
O livro apresenta os conceitos da Química, incentivando os estudantes desta ciência a pensar como pesquisadores.

BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. Tradução de Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
O livro apresenta os conceitos da Química, incentivando os estudantes desta ciência a pensar como pesquisadores.

CALIL, M. R. *et al*. Comparison of the biodegradation of poly(ε-caprolactone), cellulose acetate and their blends by the Sturm testand selected cultured fungi. *Polymer Testing*, v. 25, p. 597-604, 2006.
O artigo aborda de forma comparativa a biodegradação de materiais poliméricos avaliados a partir da perda de massa.

CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
O livro trata de diversos temas relacionados à área das Ciências Biológicas, com imagens que facilitam a compreensão do texto.

CESAR, E. O cérebro consumista. Revista *Pesquisa Fapesp*, fev. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-cerebro-consumista/>. Acesso em: 14 jul. 2020.
O artigo apresenta os mecanismos que estão envolvidos no desejo dos seres humanos de consumir.

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

MODERNA

CLARCK, M. N.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018.
O livro apresenta conceitos gerais de Ciências Biológicas.

EISBERG, R.; RESNICK, R. *Física Quântica*: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. 21. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979.
O livro aborda os princípios e os conceitos da Física Quântica, incluindo as aplicações das propriedades da Mecânica Quântica nas demandas mundiais da Ciência e da tecnologia.

EMBRAPA. *Grupo de Inteligência Territorial Estratégica da Embrapa*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/projetos/atribuicao/index.html>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* traz dados do Gite da Embrapa, em que são apresentadas as áreas legalmente atribuídas para unidades de conservação, terras indígenas, assentamentos de reforma agrária, quilombos e áreas militares.

EM DISCUSSÃO! Destino dos resíduos sólidos quase sempre é inadequado. *Jornal do Senado*. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/revista-em-discussao-edicao-junho-2010/infografico-destino-dos-residuos-solidos-quase-sempre-e-inadequado.aspx>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* traz um infográfico com a porcentagem de resíduos sólidos destinados a lixões, aterros controlados, aterros sanitários, bem como aqueles que nem sequer são coletados.

FOWLER, S. *et al*. *Concepts of Biology*. Texas: Rice University, 2017.
Esse livro apresenta conceitos básicos de biologia, promovendo a alfabetização científica.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. Ecological deficit/reserve. Disponível em: <http://data.footprintnetwork.org/#/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* mostra o que acontece quando a pegada ecológica de uma população excede a biocapacidade da área disponível.

GREENPEACE BRASIL. *A tragédia dos Munduruku*. 30 set. 2019. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/a-tragedia-dos-munduruku/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* apresenta o garimpo ilegal e os riscos de contaminação de dezenas de aldeias situadas em três dos principais rios da Terra Indígena.

GREF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 1*: Mecânica. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1999.
O livro apresenta os assuntos de Física para destacar sua relevância prática e universalidade.

GUIMARÃES, M. Fotossíntese artificial. Revista *Pesquisa Fapesp*, mar. 2017. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/fotossintese-artificial-2/>. Acesso em: 14 jul. 2020.
O artigo apresenta uma alternativa autossustentável de produção de energia, que se inspira nos seres vivos fotossintetizantes para converter energia luminosa em energia química.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. I e IV.
Os dois volumes da coleção apresentam, respectivamente, os fundamentos da Mecânica clássica, da Óptica e da Física moderna.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
O livro aborda conceitos e princípios básicos da Física.

INGRAHAM, C. Scientistis decry "ignorance" of rolling back species protection in the midst of a mass extinction. *The Washington Post*, 16 ago. 2019. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/business/2019/08/16/scientists-decry-ignorance-rolling-back-species-protections-midst-mass-extinction/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O artigo (em inglês) mostra que a extinção de espécies está acima do que o registro geológico indica como normal, sendo maior do que a média nos últimos 10 milhões de anos, com tendência a aumentar graças à ação humana.

INSTITUTO SOCIAMBIENTAL. *O povo Yanomami está contaminado por mercúrio do garimpo*. Disponível em: <https://medium.com/hist%C3%B3rias-socioambientais/o-povo-yanomami-est%C3%A1-contaminado-por-merc%C3%BArio-do-garimpo-fa0876819312>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* traz dados de um estudo inédito da Fiocruz em parceria com o Instituto Sociambiental (ISA), em que se confirmaram os altos níveis de mercúrio no organismo dos habitantes da Terra Indígena Yanomami, resultante do garimpo ilegal.

KOSINOV, N. *et al*. Engineering of Transition Metal Catalysts Confined in Zeolites. *Chem. Mater,* v. 30, n. 10, p. 3.177-3.198, 2018.
O artigo aborda os estudos envolvendo compostos de metais de transição zeólitas, que são materiais catalíticos versáteis para diversos tipos de aplicação.

LETTS, J. A.; SAZANOV, L. A. Clarifying the supercomplex: the higher-order organization of the mitochondrial electron transport chain. *Nature Structural & Molecular Biology*, v. 24, p. 800-808, 2017.
O artigo revisa e compara os estudos recentes de pesquisas que envolvem o transporte de elétrons mitocondriais.

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

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

LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.
Manual de referências bibliográficas que auxilia pesquisadores na utilização de dados e resultados científicos na elaboração de textos com elevado padrão de confiabilidade.

LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 96. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.
Manual de referências bibliográficas que auxilia pesquisadores na utilização de dados e resultados científicos na elaboração de textos com elevado padrão de confiabilidade. Compila dados de constantes, resultados experimentais e propriedades físicas e químicas.

LINDEN, D.; REDDY, T. B. *Handbook of batteries*. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2001.
Manual de referências bibliográficas sobre pilhas e baterias que possibilita a consulta de padrões e valores de medidas atualizados pela comunidade científica.

LNLS (org.). *Projeto Sirius*: a nova fonte de luz síncrotron brasileira. Campinas: CNPEM Edição, 2014. Disponível em: <https://www.lnls.cnpem.br/sirius/livro-projeto-sirius/>. Acesso em: 7 maio 2020.
O documento elaborado por pesquisadores brasileiros trata de assuntos relacionados ao acelerador de luz síncrotron brasileiro, Sirius, como as especificações de cada setor do acelerador e as aplicabilidades em pesquisas científicas.

METAEFFICIENT. Biodiesel FAQ. Disponível em: <https://metaefficient.com/uncategorized/biodiesel-faq.html>. Acesso em: 10 jul. 2020.
O *site* apresenta um infográfico que reúne informações sobre o biodiesel, como definição, ciclo de vida, importância tecnológica e ambiental, eficácia, além de apresentar uma lista de veículos que podem ser movidos a esse combustível.

MEYER, J. *Pest control tactics*. Disponível em: <https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/text19/convchem.html>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* (em inglês) trata do mau uso de produtos químicos, como inseticidas convencionais, apresentando suas consequências ambientais a longo prazo.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Homem é o principal agente no processo de extinção de espécies.* Disponível em: <https://www.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2015/03/homem-e-principal-agente-no-processo-de-extincao-de-animais#:~:text=Esp%C3%A9cies%20amea%C3%A7adas%20s%C3%A3o%20aquelas%20cujas,risco%20de%20tornarem%2Dse%20extintas.&text=O%20Minist%C3%A9rio%20do%20Meio%20Ambiente,%C3%A0s%20esp%C3%A9cies%20amea%C3%A7adas%20de%20extin%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* trata da extinção de espécies como um evento natural que vem acelerando pela ação do ser humano, em razão do mau uso dos recursos naturais e da introdução de espécies exóticas.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Princípios de Bioquímica*. Tradução de Arnaldo Antonio Simões, Wilson Roberto Navega Lodi. 3. ed. São Paulo: Worth Publisher, 2000.
O livro apresenta detalhamento na abordagem de conceitos mais complexos da Bioquímica com riqueza de detalhes sobre aplicações e avanços tecnológicos dessa área de estudos.

NEUHAUS, G. *et al*. *Tratado de Botânica de Strasburger*. 36. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
Esse livro permeia de forma harmoniosa todas as subáreas da Botânica, apresentando aspectos básicos e os avanços mais recentes nessa área.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica*. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. v. 1 e 4.
Os dois volumes da coleção abordam os fundamentos básicos da Física, especialmente das áreas da Mecânica, Óptica, Relatividade restrita e Física quântica, permitindo a compreensão das principais ideias.

PIERCE, J. 2005 World Consumption Cartagram. Disponível em: <http://pthbb.org/natural/footprint/2002/cartogram.png>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* apresenta o consumo da biocapacidade e o déficit ecológico.

PIZA, A. F. R. de Toledo. *Mecânica quântica*. São Paulo: Edusp, 2003. (Acadêmica 51).
O livro aborda os fundamentos da Mecânica Quântica.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. *Unidade de conservação*. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/tab_ucs_1344528072.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O arquivo traz as unidades de conservação de proteção integral e as de uso sustentável.

RAVEN, P. *et al. Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
O livro trata de conceitos relacionados à Biologia vegetal, como relações evolutivas, fisiologia vegetal e ciclos biogeoquímicos.

SAMPSON, V.; GROOMS, J. P. Argument – Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95:217-257, 2011.
O artigo (em inglês) trata do uso do modelo chamado Argumet- Driven Inquiry no desenvolvimento da habilidade de argumentação científica por estudantes.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. *Princípios de Física*: Mecânica clássica e Relatividade. São Paulo: Cengage Learning, 2015. v. 1.
O livro apresenta conceitos e princípios básicos da Física, em especial das áreas da Mecânica clássica e Relatividade, abordando exemplos práticos para demonstrar o papel da Física em diversas áreas do conhecimento e suas aplicações a situações do cotidiano.

SILVA, C. M.; ARBILLA, G. Antropoceno: os desafios de um Novo Mundo. *Revista Virtual de Química*, v. 10, p. 1.619-1.647, 2018.
O artigo apresenta a história do Antropoceno do ponto de vista geológico e ambiental.

SOLOMON, E. P. *et al. Biology*. 5. ed. Filadélfia: Saunders College Publishing, 1999.
O livro (em inglês) aborda assuntos relacionados à área da Biologia.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Physics for scientists and engineers*. 6. ed. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2008.
O livro é uma coletânea que aborda seis temas principais da Física: Mecânica, Ondulatória, Termodinâmica, Elétrica e Magnetismo, Luz e Física moderna.

TOULMIN, S. E. Os usos do argumento. Tradução de Reinaldo Guarany e Marcelo Brandão Cipolla. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
O livro trata do uso do argumento em diferentes campos, seguindo um modelo composto de elementos fundamentais que formam uma estrutura básica.

VISTNES, A. I. *Physics of Oscillations and Waves*: With Use of Matlab and Python. Springer, 2018.
O livro reúne textos sobre fenômenos ondulatórios, tendo como escopo práticas de simulação computacional.

WWF BRASIL. *O que compõe a pegada ecológica?* Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/o_que_compoe_a_pegada/>. Acesso em: 13 jul. 2020.
O *site* explica o que é a pegada ecológica e como foi possível calcular as pegadas em vários tipos de territórios produtivos e diversas formas de consumo.

WWF BRASIL. *Plástico vale ouro*. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/programa_marinho/plasticovaleouro/>. Acesso em: 14 jul. 2020.
O *site* traz dados que mostram o crescimento mundial da produção de plástico e os benefícios econômicos desse material, bem como os malefícios gerados por ele ao ambiente.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. *Física – Sears e Zemansky*. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2016. v. I e IV.
Os dois volumes da coleção abordam princípios e conceitos básicos da Física, principalmente conteúdos acerca da Mecânica, da Ondulatória e da Termodinâmica, demonstrando aplicações tecnológicas modernas e aplicações em outras áreas de conhecimento.

ZARET, T.; PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. *Science*, v. 182, n. 4.111, p. 449-455, nov. 1973.
No artigo (em inglês) são apresentadas a influência de fatores bióticos e a interação na abundância e na diversidade de peixes em regiões de planície alagada.

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

MODERNA

ISBN 978-65-5779-046-5

MODERNA