SÔNIA LOPES
SERGIO ROSSO

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE

CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Mundo tecnológico e Ciências aplicadas

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.

Código da coleção:
0194P21203
Código da obra:
0194P21203138

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

Mundo tecnológico e Ciências aplicadas

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.

Jéssica Brito dos Santos Lima

Bacharela em Química e mestra em Química (área de concentração em Química Inorgânica) pela Universidade Federal de Sergipe (SE). Professora.

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.

Letícia Gomes de Melo

Licenciada em Química pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (MG). Química.

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.

Livia Aceto

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestra em Educação pela Universidade Federal de São Carlos (SP). Editora.

Matheus Cabral Torres

Licenciado em Química pela Universidade Federal de Alfenas (MG). Editor.

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.

Edição de texto: Thalita B. C. Encarnação (Coordenação), Andreza C. Souza Silva, Artur Guazzelli Leme Silva, Beatriz Assunção Baeta, 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: ReCriar Editorial

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, 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 XXIII

Referências bibliográficas XXV

Orientações específicas por Unidade XXVIII

Unidade 1 Mundo tecnológico XXVIII

Unidade 2 Análise forense LXV

Resoluções das atividades XCV

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

EM MODERNA

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

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!**).

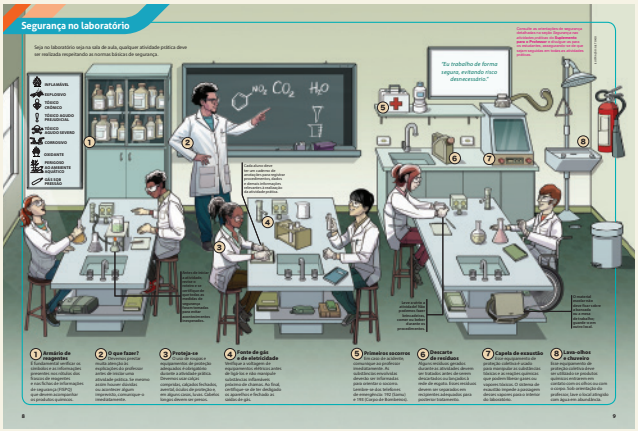
Presentes em algumas Unidades, os **Boxes +** trazem informações contextualizadas em relação aos assuntos trabalhados, principalmente concernentes a aspectos das culturas tradicionais, como indígenas e quilombolas.

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-

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

REPRODUÇÃO

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 ABERTA

- entender o pluralismo que envolve o processo de 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 recomendada 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.

EDITORIA

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 esta 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 no 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 MODELO

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 socio-científicos 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 a 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.

EDIÇÃO PROVISÓRIA

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, Diesel, 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: 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.

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 nessa 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.

Nesta 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.

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,

MANUAL DO PROFESSOR

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.

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

A inovação tecnológica pode ser considerada um dos indutores cruciais do crescimento econômico e do desenvolvimento, sendo fundamental para a construção de soluções para desafios econômicos e ambientais. Nesse sentido, o incremento tecnológico traz novas possibilidades sobre as competências desejáveis ao pleno desenvolvimento humano, propondo a forma-

ção de pessoas mais flexíveis e capazes de solucionar problemas. Podemos entender tecnologia com a aplicação das diferentes formas de conhecimento; assim, a educação tecnológica assume o papel de agente integrador entre áreas do conhecimento e ganha espaço e importância ao promover a integração entre o meio natural e o meio construído pelo ser humano. A partir da associação entre o desenvolvimento técnico-científico, o ambiente e as necessidades sociais, os jovens poderão participar efetivamente da sociedade moderna e buscar alternativas de aplicação da ciência e da tecnologia, dentro de uma visão de bem-estar social. 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 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 posição fundamental na formação integral dos estudantes, assegurando-lhes acesso à diversidade de conhecimentos científicos existentes e aos seus principais processos, práticas e procedimentos, abrindo espaço para resolverem problemas e tomarem decisões relativas à Ciência, tecnologia e sociedade e às demais situações com as quais se confrontarão como cidadãos.

Assim, 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 – Mundo tecnológico
Compreender a estrutura e a função do material genético, reconhecendo o papel fundamental da radiação na descoberta da estrutura da molécula de DNA.
Associar as características dos seres vivos quanto ao DNA, ao RNA e às proteínas, por meio dos processos de replicação, transcrição e tradução; reconhecendo a universalidade do código genético como evidência para origem comum de toda a vida existente.
Reconhecer os benefícios da biotecnologia e os riscos ambientais e de saúde que podem causar, entendendo a necessidade de agir de forma ética e responsável.
Entender que situações que envolvem manipulação do material genético, principalmente humano, geram controvérsias que precisam ser analisadas e debatidas, levando em consideração preceitos legais e éticos.
Avaliar circuitos elétricos, fazendo previsões sobre o funcionamento, e possíveis demandas envolvendo a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica para compreender as tecnologias contemporâneas.
Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conhecimentos sobre os componentes de um circuito elétrico, além de interpretar modelos explicativos, para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.
Realizar previsões sobre o funcionamento de motores elétricos com base na análise dos processos de condução, de transformação e de conservação de energia envolvidos.
Analisar as propriedades magnéticas de materiais e o funcionamento de motores elétricos para compreender a adequação do uso em diferentes aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas e avaliar os impactos sociais.
Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conceitos de Eletromagnetismo, além de interpretar dados para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.
Compreender e discutir o processo de corrosão e alguns métodos para evitá-lo, além de explorar aspectos relacionados à produção de materiais nanométricos, evidenciando benefícios e limitações na aplicação desses materiais.
Discutir a participação da mulher na ciência, reconhecendo as discriminações referentes ao gênero e valorizando os múltiplos papéis que podem desempenhar.
Recorrer à abordagem científica para avaliar de forma crítica informações e argumentos sobre a produção de embriões híbridos para a tomada de decisões éticas e a criação de soluções em questões de natureza sociocientífica.
Usar argumentos científicos como forma de persuasão durante um debate, reconhecendo e usando as regras sociais desse gênero de interação com o propósito de valorizar e respeitar a diversidade de posicionamentos.
Prototipar recurso de automação residencial, utilizando Arduino Uno e aplicativo IoT, com o objetivo de incrementar o uso de tecnologia e melhorar a qualidade de vida da comunidade.
Organizar uma feira de ciências para a divulgação dos protótipos e automação residencial, identificando os significados desses eventos como uma forma de manifestação cultural.
Unidade 2 – Análise forense
Compreender as propriedades físicas e químicas características dos sistemas como estratégia para a determinação de adulterações em produtos comerciais.
Estabelecer relações entre as propriedades físico-químicas dos materiais e as interações moleculares e aplicar essas relações no entendimento das técnicas cromatográficas.
Analisar a relação entre a constituição genética e demais fatores, compreendendo a manifestação das características dos organismos ao longo do seu desenvolvimento, e calcular as proporções fenotípicas.
Associar as técnicas da biotecnologia com aplicações práticas, como DNA *fingerprint*, eletroforese, tipagem sanguínea, reconhecendo o valor delas para a Biologia forense.
Estabelecer a integração entre áreas científicas, valorizando a história da Ciência e a relação entre Ciência e sociedade.
Analisar conservações de energia em sistemas que envolvam quantidade de movimento, realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e avaliar riscos envolvidos para garantir a integridade física, individual e coletiva.
Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conhecimentos sobre a quantidade de movimento e impulso, além de interpretar modelos explicativos, para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica e comunicá-las para públicos em diversos contextos.
Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conceitos de Óptica geométrica, além de interpretar dados para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.
Analisar as propriedades ópticas de materiais para avaliar a adequação do uso em diferentes aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas, e os impactos sociais.
Refletir sobre a importância de um sistema de medição universal em sistemas sociais.
Diferenciar o conceito de grandeza de base e grandeza derivada, conhecendo os limites dos instrumentos de medição e representando com precisão algarismos significativos.
Argumentar sobre a relevância da coleta, do registro e da análise de dados em pesquisas científicas, reconhecendo como esses aspectos influenciam a qualidade das conclusões.
Refletir sobre os impactos gerados na saúde individual e coletiva pelo consumo de produtos adulterados.
Reconhecer os órgãos e os profissionais responsáveis pela fiscalização e pela regulamentação de produtos, identificando, entre outros aspectos, uma possível área de atuação profissional.
Utilizar conhecimentos científicos relevantes para a convivência no trânsito, avaliando riscos e comportamentos que tragam impactos à segurança individual e coletiva.
Posicionar-se, em textos do tipo comparação e contraste, usando argumentos embasados em evidências, sobre a redução da velocidade das vias na prevenção de acidentes de trânsito.
Agir de forma empática, buscando o diálogo e a cooperação sem preconceitos ou juízo de valor para avaliar produções textuais.

MANUAL DO PROFESSOR

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 sociocientíficas 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.

MODERNA

- 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 Mundo tecnológico

Abertura

Objetivos de aprendizagem

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

- Analisar as propriedades dos materiais para avaliar suas possibilidades de uso em soluções tecnológicas seguras e sustentáveis.
- Investigar e refletir sobre diferentes formas de tecnologia, considerando seus impactos positivos e negativos na vida contemporânea.
- Dialogar sobre tecnologia, baseado em princípios e valores, buscando o entendimento mútuo.
- Interpretar dados para escolher a melhor forma de representá-los graficamente, considerando as unidades e os fatores multiplicadores.

Subsídios para o planejamento

A temática abordada nesta abertura permite ser conduzida pelos professores que compõem a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Algumas das reflexões propostas podem ser aprofundadas com um planejamento em conjunto com o corpo docente de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e Linguagens e suas Tecnologias. Ainda há possibilidades de interlocução com a equipe de **Matemática**, para desenvolver as habilidades específicas dessa área que se relacionam, por exemplo, com computação. Os materiais indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* apresentam oportunidades de aprofundamento que dialogam com temas que tradicionalmente são abordados nas disciplinas de humanidades.

Inicie a abertura organizando a turma em pequenos grupos de três a cinco estudantes, o que favorece o trabalho com as **Competências Gerais 4 e 9**, pois terão de se expressar com clareza e empatia, ficar atentos às falas dos colegas, planejando e decidindo em conjunto as ações de cada integrante do grupo. Peça aos estudantes que listem cinco exemplos de produtos cotidianos de diferentes usos que consideram ser resultantes de tecnologias e depois compartilhe as respostas com a turma. Registre as respostas no quadro de giz e peça aos estudantes que sugiram formas de categorizar os produtos elencados. As categorias podem ser diversas, levando em consideração, por exemplo, o uso dos produtos listados, os materiais empregados para construí-los, a faixa de preço deles e os processos de desenvolvimento. A etapa de categorização tem a finalidade de provocar reflexões sobre o que é tecnologia e como defini-la. Espera-se que a turma comece a considerar que a tecnologia não está relacionada apenas a itens de informática ou produtos elétricos e eletrônicos, mas a diversos outros itens. Essa etapa inicial favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT308** e **EM13CHS302** e a **Competência Geral 5**, ao analisar diferentes materiais e equipamentos buscando compreender as tecnologias envolvidas na sua produção e no seu uso.

Na sequência, forneça para a turma (de forma impressa, no quadro de giz ou via projeção) a definição da palavra tecnologia que consta no dicionário Michaelis (2015), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Com base nessa definição e mantendo os grupos, os estudantes deverão responder: "Qual é a etimologia da palavra tecnologia?"; "Pensando nessa origem e nos significados fornecidos pelo dicionário, a lista elaborada previamente pela turma poderia ser ampliada? De que forma?". Após um período de trabalho nos grupos, abra a discussão coletiva, complementando as respostas no quadro de giz e favorecendo a habilidade **EM13LGG204**, ao promover um diálogo, primeiro nos grupos e depois coletivamente, buscando um entendimento mútuo das questões discutidas. Um planejamento em conjunto com a equipe de Linguagens pode permitir um aprofundamento das possibilidades de trabalho com o dicionário.

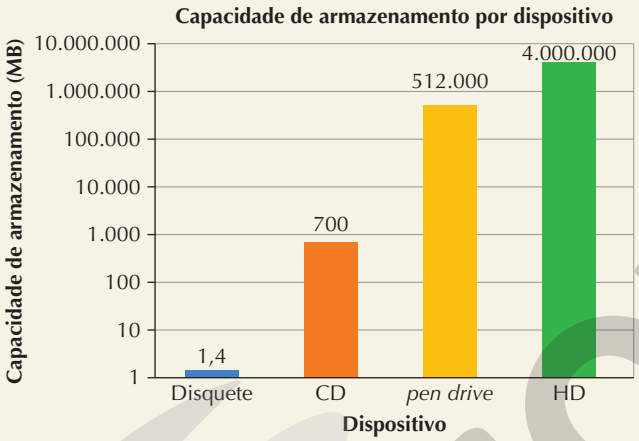
Distribua para os grupos o texto de Karasinski (2013), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, e indique a leitura a partir da seção "Desde que o homem é homem". Em seguida, devem responder às questões a seguir, para serem posteriormente compartilhadas com a turma: "Por que a roda, o navio e uma caneta também são considerados tecnologia, segundo as ideias apresentadas no texto?"; "Quais as reflexões que o texto traz sobre a tecnologia ser usada para o bem e para o mal?"; "Sugira outros exemplos que evidenciem o uso inadequado das diferentes tecnologias cotidianas". Essa estratégia favorece o aprofundamento das subdimensões mundo digital e uso ético da **Competência Geral 5**.

Durante a discussão das questões com a turma, procure esclarecer que a ideia de tecnologia não se resume apenas a um produto, mas aos vários processos associados à criação, ao desenvolvimento e à produção de produtos e serviços, permitindo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT305** e **EM13CHS202**, ao avaliar os impactos positivos e negativos da tecnologia na sociedade. Para ajudar nessa discussão, indicamos na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* os textos de Silveira e Bazzo (2005), Schor (2007)

EM MODERNA

e Silveira e Bazzo (2009). Um planejamento em conjunto com a equipe de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas poderá contribuir para aprofundar as reflexões sobre o papel das diferentes tecnologias na história da humanidade e o trabalho mais aprofundado com a subdimensão mundo digital da **Competência Geral 5**, pois trata do impacto das tecnologias na vida das pessoas e na sociedade, incluindo as relações sociais, culturais e comerciais.

Na sequência, peça aos estudantes que leiam individualmente o texto de abertura da Unidade, relembrando-lhes que as tecnologias digitais são um exemplo de tecnologia. Após a leitura inicial do texto, peça a eles que elaborem um gráfico indicando a capacidade de armazenamento de informações por dispositivos, usando as seguintes informações: disquete = 1,4 MB; CD = 700 MB; *pen drive* = 512 GB; HD = 4 TB. Deixe que pensem e escolham a melhor forma de representar esses dados. Uma forma possível é indicar no eixo **y** a capacidade de armazenamento dos dispositivos em MB. No eixo **x** pode estar cada um dos dispositivos representados, como mostra o exemplo a seguir:



O exercício possibilita trabalhar a habilidade **EM13MAT103**, realizando a conversão de fatores multiplicativos (entre Mega, Giga e Tera), trabalhando com escalas e construindo gráficos para facilitar a comparação de dados e a compreensão das unidades de armazenamento de dados. Um planejamento em conjunto com os professores de **Matemática** poderá contribuir para o trabalho com esses conceitos. Discuta os gráficos produzidos com os estudantes e aproveite para sanar dúvidas. Pergunte, então, se as mudanças na forma de compartilhar informações digitais, via esses dispositivos e pela nuvem, são um bom exemplo de desenvolvimento tecnológico. Ao longo da discussão com a turma, explore as justificativas apresentadas oralmente pelos estudantes e pontue as vantagens da portabilidade e os avanços nos materiais usados na produção desses dispositivos. Conversar sobre esses pontos possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307**, ao refletir sobre a substituição dos materiais empregados na fabricação desses dispositivos, ao longo do tempo, aumentando sua capacidade de armazenamento sem refletir em um aumento de tamanho. Se puder, mostre exemplos físicos e fotografias desses dispositivos aos estudantes, a fim de enriquecer a discussão.

Por fim, peça que respondam individualmente, e por escrito, à questão proposta para a abertura. A escrita individual poderá oportunizar que os pontos explorados ao longo das discussões com a turma sejam organizados de forma autoral pelos estudantes. A reflexão sobre a metáfora presente na figura favorece o trabalho com a habilidade **EM13LP14**, ao se analisar os efeitos de sentido produzidos entre a composição da imagem e o conteúdo do texto. Na sequência, ao discutir a questão com todos, traga pontos para a reflexão coletiva, como o fato de a computação em nuvem possibilitar maior portabilidade, possibilidade de segurança para não perder dados, agilidade de processamento, redução de custos etc. A discussão coletiva da questão de abertura poderá possibilitar um aprofundamento nas habilidades **EM13CNT308** e **EM13LGG204**, dialogando de forma democrática sobre o armazenamento de dados em nuvem, compreendendo as tecnologias e os impactos. Para auxiliar nessa discussão, utilize o texto de Oliveira e colaboradores (2013) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

• Objetivos e avaliação diagnóstica

O boxe **Pense nisso!** apresenta questões que estão relacionadas às habilidades do Ensino Fundamental e que podem ser usadas como avaliação diagnóstica. Além disso, essas questões permitem levantar os conhecimentos prévios dos estudantese identificar as possíveis dificuldades enfrentadas durante a resolução. Assim, é importante que o resultado dessa sondagem seja compartilhado com os professores da área.

A questão do **Tema 1** está associada às habilidades **EF09CI08** e **EF09CI09** e tem como propósito verificar a aprendizagem dos estudantes sobre como se dá a transmissão de características hereditárias, associando o papel dos gametas nesse processo e estabelecendo relações de parentesco, bem como de ancestralidade e descendência. Esses conceitos básicos são fundamentais para a compreensão e aplicação de tecnologias baseadas em sistemas biológicos, foco deste Tema.

Em conexão com o Tema anterior, a questão do **Tema 2** visa levantar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca das aplicações tecnológicas que utilizam sistemas biológicos, conteúdos tratados nas habilidades **EF04CI07** e **EF06CI04**. Essa aprendizagem é essencial para o aprofundamento no estudo da biotecnologia, pois os estudantes aprenderão sobre algumas técnicas de manipulação do material genético e exemplos de suas aplicações.

A questão do **Tema 3** enfoca o uso e o consumo da energia elétrica, o que requer dos estudantes uma retomada do conceito e do cálculo de potência, objetos de conhecimentos atrelados às habilidades **EF08CI04** e **EF08CI05**. Essa compreensão é necessária para que possam aprofundar o estudo acerca de circuitos elétricos, seus elementos e a maneira como eles funcionam em equipamentos elétricos e eletrônicos.

No **Tema 4**, conhecimentos sobre o campo magnético terrestre e suas implicações e usos nas tecnologias serão necessários para responder à questão proposta, conteúdos associados à habilidade **EF05CI01**. Verificar a aprendizagem

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

dos estudantes a esse respeito é fundamental para avançar nos estudos de uma importante área da Física, da qual várias aplicações tecnológicas se originaram, o Eletromagnetismo.

A questão do **Tema 5** retoma os conceitos trabalhados nas habilidades **EF04CI03** e **EF07CI06** sobre as mudanças às quais os diferentes materiais estão expostos, explicando como se prolonga a vida da esponja de aço usada para limpeza. Esses conhecimentos são pré-requisitos para o aprofundamento proposto neste Tema, cujo conteúdo aborda o processo de corrosão, seus impactos e as maneiras de minimizar os prejuízos econômicos associados a ele.

A questão proposta para o **Tema 6** retoma conhecimentos relativos ao desenvolvimento de novas tecnologias e de novos materiais, presentes na habilidade **EF07CI06**. Essa compreensão oferece subsídios aos estudantes para que ampliem a aprendizagem em relação ao conteúdo principal do Tema, que trata sobre a obtenção de materiais em escala nanométrica, seus benefícios e limitações em sua aplicação.

Tema 1 – Dos ácidos nucleicos às proteínas

Objetivos de aprendizagem

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

- Descrever a estrutura e a função do material genético.
- Associar parte das características dos seres vivos à relação entre DNA, RNA e proteínas e aos processos de replicação, transcrição e tradução.
- Reconhecer que o código genético universal é uma das evidências da origem comum da vida na Terra.
- Compreender as mutações como fonte primária de variabilidade.

Subsídios para o planejamento

O Tema deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Biologia**. Sugerimos uma abordagem a partir de uma sequência didática com base na rotina de pensamento *Think*/*Puzzle*/*Explore* (Pensar/Questionar/Explorar), para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto, incentivar sua curiosidade e lançar as bases para uma investigação independente.

Inicie o Tema perguntando aos estudantes: "O que você sabe sobre o DNA?". Oriente-os a anotar suas ideias e forneça tempo suficiente para que resgatem os conceitos prévios. Esse processo é importante para trabalhar os conceitos deste Tema partindo daquilo que eles já conhecem sobre o assunto. Em seguida, incentive-os a citar os pontos principais do que anotaram. Escreva, no quadro de giz, as ideias centrais do que disserem, mesmo que não esteja de acordo com a teoria. Esse registro deve ser mantido visível durante todo o desenvolvimento do conteúdo, para considerações após um estudo mais aprofundado. Dessa forma, será possível ter uma noção do nível conceitual do qual os estudantes estão partindo e acompanhar o desenvolvimento deles enquanto conduz a rotina. Eles, por sua vez, poderão identificar seu desenvolvimento e progresso. Para conhecer de forma aprofundada essa rotina de pensamento, consulte o *site* do *Project zero*, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Para o aprofundamento do assunto abordado neste Tema, será necessário o resgate dos conceitos de átomo e molécula, estudados no Ensino Fundamental. Certifique-se, durante o estudo, de utilizar as informações indicadas pelos estudantes como resposta à pergunta: "O que você sabe sobre o DNA?", retornando à rotina sempre que abordar um conceito que está no registro.

Faça um breve resumo histórico sobre o conjunto de descobertas que culminaram no modelo da dupla-hélice do DNA. O texto indicado no quadro **Fique por dentro** do Livro do estudante traz uma síntese sobre o assunto que pode ajudar nesse momento. Alves e Souza (2013) também fornecem um panorama histórico bastante útil sobre o tema, que pode ser consultado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Essa contextualização histórica é importante para que os estudantes entendam como acontece o processo de construção do conhecimento científico, reconhecendo o seu caráter dinâmico e coletivo, o que favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 1**. Além disso, ao utilizar tecnologias digitais para acessar informações, os estudantes trabalham a **Competência Geral 5**.

Aproveite esse momento para discutir o caso de Rosalind Franklin, dando atenção especial a dois pontos principais. O primeiro deles é o fato de Franklin não ter sido mencionada quando o Prêmio Nobel de 1962 foi conferido a James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins (chefe do grupo que ela integrava). Ela não pôde receber o prêmio, pois já tinha falecido e ele não é dado postumamente, porém os trabalhos dela foram fundamentais para a descoberta da estrutura em dupla-hélice da molécula de DNA e poderiam ter sido lembrados naquele momento. Incentive os estudantes a refletir sobre a participação das mulheres na Ciência ao longo da história, discutindo outros casos que evidenciem preconceito e discriminação. É importante desconstruir possíveis estereótipos que os estudantes apresentem sobre os cientistas, um dos quais pode ser a prevalência de homens nessa profissão. Se possível, leve exemplos de mulheres cientistas, destacando suas realizações e dificuldades na área. Nesse contexto, discuta também como o conhecimento científico não é neutro ou inocente, e seus processos repercutem as características da sociedade em que se desenvolvem, podendo, por exemplo, refletir em assimetrias de gênero no ambiente acadêmico, conforme apresentou Souza (2002) em seu artigo indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de uma consciência crítica nos estudantes, possibilitando refletir sobre as relações de gênero no contexto científico, aspecto relacionado à **Competência Geral 6** e à habilidade **EM13CHS102**.

MODERNA

O segundo ponto de atenção relacionado a Rosalind Franklin é o fato de a radiação utilizada por ela para realizar o método de difração de raios X provavelmente ter causado sua morte prematura, aos 37 anos, vítima de câncer. Na época não se tinha conhecimento sobre a relação entre a exposição à radiação e o desenvolvimento do câncer. A física polonesa Marie Curie (1867-1934), pioneira no campo da radioatividade, também faleceu de câncer, possivelmente causado pela exposição à radiação ao carregar testes do elemento químico rádio em seu bolso durante as pesquisas. Explique aos estudantes que atualmente se sabe que a radiação pode provocar modificações na sequência de bases das moléculas de DNA (mutações), que, por sua vez, podem prejudicar o controle das divisões celulares, causando um crescimento desordenado das células e contribuindo para o desenvolvimento de um câncer. Pergunte o que eles sabem sobre radiação e resgate seus conhecimentos prévios sobre o átomo. Explique que a radiação pode ser emitida de forma natural, como na luz visível, ou artificial, como em diversos procedimentos médicos, e que os danos à molécula de DNA estão relacionados ao nível de energia que a radiação apresenta. As radiações ionizantes são as mais prejudiciais, pois promovem a saída de elétrons das órbitas, gerando átomos instáveis. Questione os estudantes se eles já foram submetidos a exames de raios X e, em caso positivo, se lembram de ter usado uma proteção de chumbo em alguma parte do corpo. Discuta a importância do uso desse equipamento de proteção, avaliando os riscos da utilização de raios X no cotidiano e a importância do conhecimento científico para justificar a adoção de medidas de segurança. Essa abordagem favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**. Além disso, o trabalho do Tema, tanto por meio deste manual como pelo texto do Livro do estudante, permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT103**, pois proporciona o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação na Ciência.

O estudo do DNA exige grande capacidade de abstração dos estudantes. Assim, uma possibilidade de tornar essa estrutura mais concreta é a realização da atividade prática indicada adiante, na seção *Atividade complementar*. Nela, é proposta a extração do DNA de cebola, um procedimento de fácil execução e baixo custo, embora não se consiga, com ela, a obtenção de moléculas puras de DNA. Essa atividade requer certos cuidados na interpretação dos resultados, pois, conforme apontam Furlan *et al.* (2010), em seu artigo indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, os procedimentos simplificados de extração de material genético geram como produto, além do DNA, moléculas de pectina, o que dificulta a interpretação dos resultados. Segundo os autores, a cebola é um bom material para esta prática, pois possui uma pequena quantidade de pectina, sendo preferível seu uso em relação aos demais vegetais, como banana e morango. Ainda assim, há necessidade de cuidados na interpretação do material isolado. De acordo com eles, em uma extração é possível perceber a diferença entre a fração correspondente ao DNA e aquela de pectina, atentando para a consistência da camada de material e o local onde ele é observado. A pectina forma uma camada gelatinosa e com muitas bolhas de ar na superfície da fase alcoólica. Já o DNA precipita e forma um emaranhado de filamentos finos, parecidos com fios de algodão, na parte inferior da fase alcoólica, logo acima da fase aquosa. Ao mexer nos filamentos de DNA com o bastão de vidro, percebe-se que eles não se desgrudam, enquanto a pectina escorre e se desfaz. Para evidenciar que na superfície da fase alcoólica o material gelatinoso é a pectina, pode-se adicionar a enzima pectinase. A dissolução do material pela enzima específica revela sua identidade.

No trabalho de Rodrigues *et al.* (2008), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, há um protocolo ilustrado com a extração de DNA de cebola e de outros vegetais, explicando como diferenciar o DNA da pectina em cada caso. Esse trabalho pode ser sugerido aos estudantes para que entendam melhor como fazer a extração e diferenciar os dois tipos de molécula, uma vez que a *Atividade complementar* sugerida foi baseada nesse trabalho. Antes de iniciar a prática, peça aos estudantes que respondam às perguntas do tópico *Prepare-se!*, para que relembrem as informações básicas sobre DNA e o que já sabem sobre as células e as características das membranas biológicas. Discuta as questões com toda a turma. A introdução contextualiza a técnica de extração do DNA para os estudantes. Procure fazer questionamentos para instigar a curiosidade deles.

Oriente os estudantes a se organizar em grupos e distribuir as tarefas entre os integrantes, de modo que todos participem e se sintam engajados. Ao trabalhar em grupo de forma cooperativa e respeitosa, os estudantes desenvolvem a **Competência Geral 9**. Chame a atenção para a ordem das etapas do procedimento, pois mudanças na sequência podem interferir no resultado. Durante a execução da atividade, comente sobre a razão dos procedimentos que estão sendo adotados, questionando-os e incentivando-os a refletir sobre a natureza das células e do DNA, assim como dos reagentes utilizados, para propor hipóteses. Comente também sobre o uso do sal e do álcool e a redução da temperatura, que promovem a precipitação do DNA, ou seja, ele não fica dissolvido na solução, o que o evidencia.

Ao avaliar as transformações que acontecem nos copos ao longo do procedimento, os estudantes poderão analisar as transformações da matéria, aspecto relacionado à habilidade **EM13CNT101**. Reserve um tempo para que os grupos compartilhem seus resultados e discutam as diferenças observadas. Uma característica de um experimento científico é sua reprodutibilidade; por isso, os cientistas repetem os experimentos diversas vezes para confirmar suas observações. A análise e interpretação de resultados, discussão e elaboração de hipóteses e conclusões são etapas típicas do procedimento científico e favorecem o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT301** e da **Competência Geral 2**.

EM DEFESA

Pode ser interessante comentar a respeito da hipótese do "mundo de RNA", segundo a qual o RNA teria sido o primeiro tipo de material genético. Caso deseje aprofundar os conhecimentos nessa temática, consulte o artigo de Meglhioratti *et al*. (2009) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Discutir o "mundo de RNA" e a propriedade emergente da vida permite que os estudantes compreendam que o conhecimento científico envolve a elaboração de teorias que são discutidas e analisadas e que o estudo da vida pode ser feito em diferentes níveis de organização, aspectos relacionados às habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202**.

É importante contextualizar também o processo de replicação do DNA. Pergunte aos estudantes em que momento do ciclo de vida da célula eles acham que esse processo ocorre. A replicação ocorre na fase S da interfase do ciclo celular, e terá como consequência a divisão celular.

O código genético é uma das expressões das Ciências da Natureza que costumam ter mais casos de usos indevidos, conforme mostra o estudo de Silveira (2014) citado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Certifique-se de que os estudantes o compreendem e utilizam adequadamente, diferenciando-o dos conceitos de genoma e material genético, com os quais são comumente confundidos. Para verificar, faça perguntas como: "O meu genoma é diferente do seu?"; "O meu código genético é diferente do seu?"; "O que me diferencia geneticamente de você?". Com isso, enfatize que o código genético corresponde à relação entre os aminoácidos e as trincas de bases nitrogenadas, enquanto o genoma e o material genético correspondem a todas as informações genéticas de um organismo ou espécie, que estão contidas nos ácidos nucleicos. O código genético é universal.

Ao explicar a degeneração do código genético, apresente aos estudantes a seguinte sequência lógica:

- Existem 4 bases nitrogenadas no DNA (adenina, guanina, timina e citosina) e no RNA (adenina, guanina, uracila e citosina) e 20 aminoácidos.
- Se cada base nitrogenada codificasse um aminoácido, só poderiam ser codificados 4 aminoácidos.
- Se cada aminoácido fosse codificado por 2 bases nitrogenadas, o número subiria para 16 aminoácidos codificáveis, mas sem chegar aos 20 aminoácidos conhecidos entre os seres vivos.
- Assim, seriam necessárias pelo menos três bases nitrogenadas para poder codificar os 20 aminoácidos que participam da construção dos seres vivos. As 64 combinações possíveis de 4 bases, 3 a 3, seriam em princípio mais que suficientes para codificar todos os 20 aminoácidos. (ver **figura 1.12** do Livro do estudante).

O estabelecimento do código com trincas de bases foi feito após vários experimentos que testaram a hipótese de que um mesmo aminoácido pode ser codificado por mais uma combinação de trinca de bases nitrogenadas. Por isso, se fala que o código genético é degenerado.

Essa abordagem lógica é mais um exemplo para que os estudantes compreendam melhor a abrangência da linguagem matemática, por meio de um exemplo relacionado às Ciências da Natureza, possibilitando o trabalho com a habilidade **EM13MAT101**.

Ao abordar os 20 aminoácidos, comente que pesquisadores descreveram recentemente a existência de um 21º (selenocisteína) e de um 22º (pirrolisina). Explique que os dois novos aminoácidos descobertos resultam de decodificações alternativas das trincas chamadas códons de parada, durante a síntese proteica. Além disso, a trinca que é códon de parada em um organismo pode não ser em outro. Se desejar aprofundar os conhecimentos acerca desse assunto, consulte o trabalho de Costa *et al*. (2016) na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Sobre o conceito de gene, é interessante citar o paradoxo do valor C. O valor C corresponde ao número de pares de bases nitrogenadas do genoma de uma espécie. Contudo, mais de 90% do DNA de eucariontes é composto de DNA não codificante, o que faz com que o valor C não exprima uma relação direta com o grau de complexidade do organismo. Essa discrepância foi chamada de paradoxo do valor C. A apostila *Aspectos da Complexidade dos Genomas*, de 2017, organizada por alguns dos professores do Instituto de Biociências da USP, é uma excelente referência para ampliar seus conhecimentos e está indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Apresente aos estudantes a tabela, disponível na apostila, com a quantidade de DNA de várias espécies para demonstrar esse paradoxo.

Ao abordar o processo de tradução, é importante enfatizar que o fluxo da informação genética é no sentido DNA → RNA → proteína. Esse fluxo, que é trabalhado ao longo do desenvolvimento do Tema no Livro do estudante, compreende os diferentes níveis de organização da informação genética, aspecto relacionado à habilidade **EM13CNT202**. Caso considere pertinente, amplie a discussão com os estudantes, contextualizando a transcrição dos três tipos de RNA que participam da síntese proteica, como resumido no esquema a seguir:

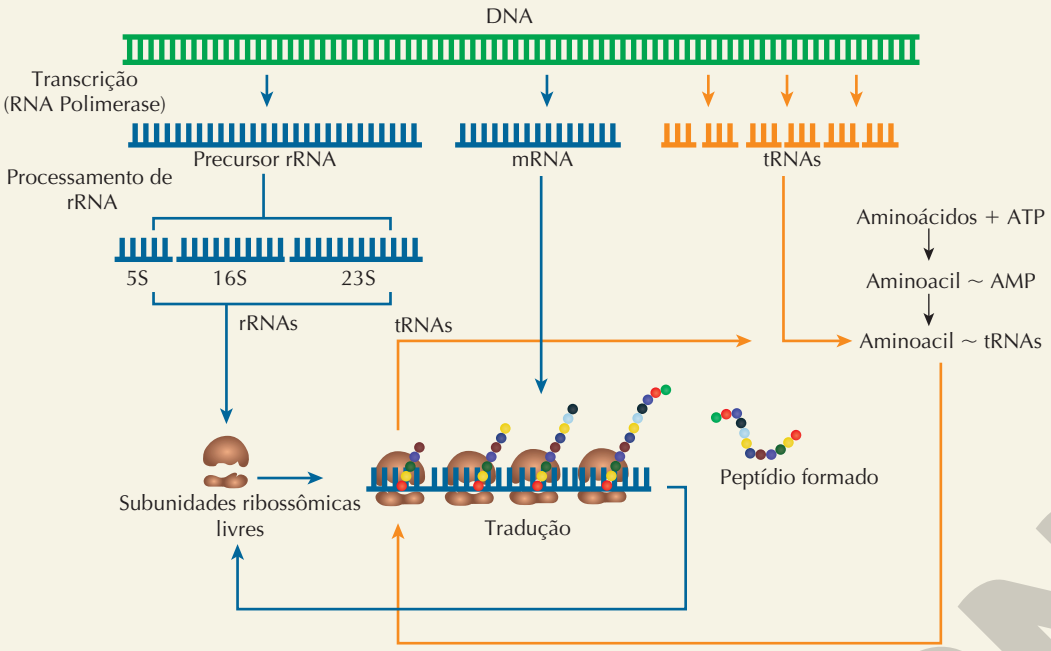


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Certifique-se de que os estudantes compreenderam que o DNA de uma pessoa armazena as informações relacionadas a suas características hereditárias e que todas as células do corpo derivam de uma célula inicial, o zigoto, que contém metade das moléculas de DNA nuclear da mãe (presente nos 23 cromossomos do gameta feminino) e metade do DNA nuclear do pai (presente nos 23 cromossomos do gameta masculino). Assim, apesar de todas as células que formam o corpo de uma pessoa possuírem as mesmas moléculas de DNA nuclear (presentes nos 46 cromossomos de cada célula), no processo de diferenciação celular há ativação diferencial de genes, de modo que os genes ativos nas células dos olhos, por exemplo, não são exatamente os mesmo que são ativos nas células da pele. Em função do processo de diferenciação celular, as células diferenciam-se morfológica e fisiologicamente, mas geneticamente são iguais.

Para facilitar a compreensão da síntese proteica pelos estudantes, analisando esse processo de forma dinâmica, apresente a eles o *software* desenvolvido pela equipe do Laboratório de Tecnologia Educacional (LTE) da Unicamp, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Ele permite simular a montagem de um pequeno polipeptídio, clicando, arrastando e posicionando os componentes que lhe são requeridos, por meio das instruções presentes nas caixas de textos. Utilize o trabalho de Santos e Galembeck (2016), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, para conduzir o trabalho com o *software*. Nele, você encontrará instruções para o professor e para o estudante.

Conhecer os conceitos básicos relacionados à mutação genética é imprescindível para a compreensão de conteúdos como Evolução. É fundamental, portanto, que os estudantes entendam a natureza molecular da mutação e suas possíveis consequências fenotípicas. Enfatize que nem sempre a mutação tem um aspecto negativo, destacando que ela fornece a base primária da variabilidade genética. Ela é o mecanismo de formação de novos alelos (formas alternativas de um gene). Um exemplo que pode despertar a curiosidade dos estudantes é a análise do gene *TP53* (*Tumor Protein* p53). A proteína (p53) codificada por esse gene é um supressor tumoral envolvido em processos biológicos como desenvolvimento, imunidade, envelhecimento, câncer e reprodução. Essa proteína desempenha um papel crítico para determinar se o DNA será reparado (o que leva à pausa no ciclo celular até que isso ocorra) ou se a célula danificada será direcionada para a autodestruição (morte celular programada, chamada de apoptose). O acúmulo de mutações no gene *TP53* pode levar à formação de proteínas p53 ineficazes e, consequentemente, células sem controle da divisão celular e sem controle do mecanismo de apoptose, o que aumenta a probabilidade de formação de tumores cancerígenos. O artigo de Ramos *et al.* (2018), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, apresenta uma discussão interessante e pode ampliar seus conhecimentos sobre esse assunto. A análise desse caso permitirá aos estudantes exercitar a curiosidade intelectual acerca de questões do cotidiano, como a ocorrência de câncer, proporcionando o desenvolvimento de aspectos relacionados à **Competência Geral 2**.

Para complementar o estudo sobre os tipos de mutação, apresente aos estudantes o exemplo a seguir, que evidencia como as mutações por inserção e deleção podem deslocar a matriz de leitura do

EM MODERNA

DNA, causando modificações mais impactantes na formação da proteína. Escreva no quadro de giz a sequência de bases do DNA sem mutação e com mutação e peça aos estudantes que indiquem a sequência de bases do RNA transcrito e a sequência de aminoácidos da proteína traduzida nos dois casos, comparando-os. Oriente-os a buscar as relações entre os códons e os aminoácidos na **figura 1.12** do Livro do estudante.

Exemplo de deslocamento da matriz de leitura do DNA

Sem mutação

DNA

ATG TGG GTA AAG GTG TTA ACG CCT CTT TTG TGT CTA TTT ATA TCA TTC AGG GTC ACT

RNAm

UAC ACC CAU UUC CAC AAU UGC GGA GAA AAC ACA GAU AAA UAU AGU AAG UCC CAG UGA

Proteína

Tir Tre His Fen His Asn Cis Gli Glu Asn Tre Asp Lis Tir Ser Lis Ser Gln

Mutação por inserção

Inserção de um nucleotídeo de guanina (G) na 12ª trinca, deslocando as demais trincas a partir daí.

DNA com a mutação

(nucleotídeo inserido indicado pela seta)

ATG TGG GTA AAG GTG TTA ACG CCT CTT TTG TGT CT$\vec{G}$ ATT TAT ATC ATT CAG GGT CAC T

RNAm

UAC ACC CAU UUC CAC AAU UGC GGA GAA AAC ACA GA$\vec{C}$ UAA AUA UAG UAA GUC CCA GUG A

Proteína

Tir Tre His Fen His Asn Cis Gli Glu Asn Tre Asp Parada

Mutação por deleção

Perda do nucleotídeo com guanina (G) na sétima trinca, deslocando as demais trincas a partir daí.

DNA com a mutação

(nucleotídeo deletado no local indicado pela seta)

ATG TGG GTA AAG GTG TTA AC⟶C CTC TTT TGT GTC TAT TTA TAT CAT TCA GGG TCA CT

RNAm

UAC ACC CAU UUC CAC AAU UGG GAG AAA ACA CAG AUA AAU AUA GUA AGU CCC AGU GA

Proteína

Tir Tre His Fen His Asn Trp Glu Lis Tre Gln Ile Asn Ile Val Ser Pro Ser

Analise com os estudantes como, nos dois casos, há deslocamento do quadro de leitura do DNA. No caso da inserção, houve a entrada, na 12ª trinca, do nucleotídeo G e, onde era CTA no DNA original, passou a ser CTG, alterando as demais trincas. A entrada desse nucleotídeo gerou o códon GAC no RNAm, que é de parada. Com isso a proteína formada difere da original, sendo menor. No caso da deleção, houve, na sétima trinca, a perda do nucleotídeo com guanina (G) e, a partir daí, há alteração nos demais códons, e a proteína formada será diferente. Nos dois casos são formadas proteínas distintas da original.

Ao abordar as causas das mutações, exponha os aspectos do dia a dia que podem levar à ocorrência de câncer, como a exposição prolongada à radiação UV proveniente do Sol, o tabagismo e o consumo frequente de bebidas alcoólicas. Incentive os estudantes a valorizar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de aspectos da habilidade **EM13CNT207**.

Ao final do estudo deste Tema, peça aos estudantes que se reúnam em grupos de no máximo cinco integrantes e listem as dúvidas e os comentários sobre o assunto. Forneça tempo suficiente para que eles debatam acerca das listas individuais. Use o registro feito no quadro de giz para retomar as concepções iniciais, reavaliando-as se necessário. Oriente os estudantes a responder às questões da seção **Atividades** em uma folha separada, entregando-as em seguida. Utilize esse material como forma de avaliação da compreensão do conteúdo. Algumas das atividades propiciam a análise de resultados de experimentos e incentivam o estudante a analisar dados, elaborar hipóteses e fazer reflexões, recorrendo às abordagens próprias da Ciência. Dessa forma, favorecem o desenvolvimento da **Competência Geral 2**.

Para finalizar a rotina de pensamento proposta, peça aos estudantes que, em grupo, proponham formas de explorar as dúvidas e os comentários que listaram para o assunto apresentado no Tema. Permita que os grupos desenvolvam a própria estratégia de exploração, de acordo com os interesses e as habilidades dos integrantes. Ao desenvolver uma linguagem própria para explorar o assunto, os estudantes poderão desenvolver a **Competência Geral 4**. Após essa exploração, oriente-os a produzir um material de fechamento que deve ser entregue a você ou divulgado ao restante da turma. Esse material também pode servir de avaliação do processo de aprendizagem.

Finalize o Tema incentivando os estudantes a refletir 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

Extração de DNA

Você já pensou como o material biológico encontrado em cenas de crime permite a identificação das pessoas envolvidas?

O primeiro passo após a coleta do material biológico, como uma amostra de sangue, é a extração do DNA do interior de leucócitos, células nucleadas do sangue. Depois da extração, o DNA é purificado e analisado, sendo comparado

MODELO

com o DNA de suspeitos e identificando a correspondência entre certas sequências de bases nitrogenadas.

Na atividade a seguir vamos realizar a extração do DNA das células de cebola, usando um procedimento mais simples do que aquele feito em uma análise forense, mas que nos permitirá entender as bases gerais desse processo.

Antes de iniciar a atividade, reúnam-se em grupos, leiam todo o procedimento e consultem o infográfico **Segurança no laboratório**, no início do Livro do estudante.

Objetivo

- Isolar, do interior das células da cebola, moléculas de DNA.

Cuidados: segurança e descarte

Caso tenha cabelos longos, prenda-os totalmente. Para a realização do procedimento, use avental e luvas simples. Tome cuidado ao usar a faca. Após a manipulação das cebolas e ao final da atividade, lave as mãos com água e sabão.

Material

- $\frac{1}{2}$ cebola branca
- Detergente de cozinha incolor
- Álcool etílico 96° ou 92% gelado
- Sal de cozinha
- 2 copos de vidro
- 1 colher de sopa
- 1 colher de chá
- 1 faca de cozinha sem ponta
- Bastão de vidro ou madeira
- Termômetro
- Filtro de papel (coador de café)
- Funil para o filtro de papel
- Gelo moído
- Água filtrada
- Banho-maria
- Bacia
- Relógio
- Luva de cozinha

Prepare-se!

1. Leia o texto "A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick", indicado no **Fique por dentro**, e escreva um parágrafo com a ideia principal do texto.
2. Conceitue célula e explique sua estrutura geral, a natureza das membranas biológicas e a forma como se organiza o DNA nas células eucarióticas.

Procedimento

- Coloque água filtrada em um copo até cerca de $\frac{3}{4}$ de seu volume e adicione 1 colher de sopa de detergente e 1 colher de chá de sal.
- Usando o bastão de vidro, mexa bem até dissolver todo o sal. Cuidado para não fazer espuma.
- Com a faca, corte toda a cebola em pedaços bem pequenos. Quanto menores forem os pedaços, melhor será o resultado.
- Adicione a cebola picada ao copo com a solução preparada de água, detergente e sal.
- Coloque o copo contendo a solução com a cebola no banho-maria a 70° C por 20 minutos. Isso facilita a ação do detergente e inativa enzimas que podem degradar o DNA. O componente dodecilssulfato de sódio (SDS), presente no detergente, desestabiliza os lipídios das membranas (da célula e do núcleo), promovendo a lise celular e liberando o DNA do núcleo. Esse componente também desnatura as proteínas, eliminando a interação das histonas com o DNA (cromossomos), deixando o DNA livre.
- Usando luva, retire o copo do banho-maria e filtre o material por meio do funil com filtro de papel colocado sobre o segundo copo.
- Coloque esse copo com o material filtrado em um banho de gelo (bacia com gelo moído) e deixe esfriar por 5 minutos. Isso facilitará a precipitação do DNA.
- Retire o copo do gelo e adicione vagarosamente, ao seu conteúdo, $\frac{1}{2}$ copo de álcool etílico gelado. Para adicionar o álcool etílico gelado vagarosamente, deixe-o escorrer pela parede interna do copo. Ao fazer isso, obtêm-se duas fases: a superior, alcoólica; e a inferior, aquosa. O álcool etílico gelado, com a ajuda do sal, diminui a solubilidade do DNA em água.
- Observe o material precitado que se forma na fase alcoólica. A porção que corresponde ao DNA é uma nuvem esbranquiçada no fundo da fase alcoólica; a pectina se concentra no topo da fase alcoólica.
- Com o bastão, faça movimentos circulares na porção do precipitado em que estão as moléculas de DNA e note filamentos que se prendem a esse bastão. Esses filamentos correspondem a várias moléculas de DNA.

Discuta com seus colegas

1. A estrutura que vocês observaram é semelhante às imagens que estão no Livro do estudante? Por quê?
2. O que vocês observaram é uma molécula de DNA isolada?
3. Pensem e registrem situações em que a técnica de extração do DNA pode ser aplicada.

Fonte: FURLAN, C. M. *et al.* Extração de DNA vegetal: o que estamos realmente ensinando em sala de aula? *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 1, 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/05-RSA6409.pdf>; RODRIGUES, C. D. N. *et al.* DNA vegetal na sala de aula. Departamento de Botânica, IBUSP, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/bmaterial6.pdf>. Acessos em: 8 set. 2020.

MODERNA

- **Resoluções da atividade complementar**

Prepare-se!

1. Resposta variável. O texto apresenta as principais descobertas da Ciência que contribuíram para o conhecimento atual sobre o DNA, sua estrutura, função e os mecanismos genéticos relacionados a ele. Assim, auxilia o estudante a relembrar a natureza do material genético e suas características.
2. Espera-se que os estudantes respondam que as células são reconhecidas como a unidade da vida e o DNA é a molécula que carrega a informação genética que é transmitida ao longo das gerações. Nas células eucarióticas, o material genético encontra-se no núcleo. As membranas celulares são formadas por uma bicamada fosfolipídica, tanto a que limita a célula como a que forma o envelope nuclear nas células eucarióticas.

Discuta com seus colegas

1. Espera-se que os estudantes observem a formação de fios esbranquiçados, que podem se enrolar no bastão com a sua movimentação. Esses fios correspondem a aglomerados de moléculas de DNA, que se precipitam. No Livro do estudante são mostrados modelos da estrutura molecular do DNA, que não são possíveis de se ver nesse experimento.
2. Não, o que se observa é um aglomerado delas, e não uma molécula de DNA isolada.
3. Espera-se que os estudantes citem diversas aplicações em Biologia Molecular que envolvam a molécula de DNA, como o sequenciamento de genoma e o diagnóstico molecular de doenças.

Tema 2 - Biotecnologia

Objetivos de aprendizagem

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

- Explicar alguns dos avanços da biotecnologia e alguns exemplos de como eles têm sido e ainda podem ser úteis em diferentes áreas das atividades humanas, como na medicina e na produção de alimentos.
- Reconhecer os benefícios da manipulação dos sistemas biológicos e também os riscos ambientais e de saúde que eles podem apresentar, entendendo a necessidade de se agir sempre de forma ética e responsável ao tratar desse assunto.
- Compreender que situações que envolvem manipulação do material genético, principalmente humano, geram controvérsias que precisam ser analisadas e debatidas, levando em consideração preceitos legais e éticos.

Subsídios para o planejamento

O Tema deve ser ministrado pelo professor do componente curricular **Biologia**. O assunto desenvolvido nesse Tema é atual e promove ampla discussão na sociedade, com informações de diferentes fontes. Por essa razão, ele propicia o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT304**, ao incentivar os estudantes a avaliar os potenciais prejuízos da produção e do uso de organismos geneticamente modificados à saúde e ao ambiente, bem como analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de técnicas de DNA. Os estudantes geralmente não estão acostumados ao posicionamento embasado na bioética em questões dessa natureza, mas sim nas suas vivências pessoais e princípios religiosos. O objetivo dessa sugestão didática é aguçar o olhar curioso dos estudantes para a realidade que os cerca e, ao final do processo, que eles possam perceber quanto o pensamento muda quando se adquire informação sobre um assunto. Para tal, sugerimos o uso de duas rotinas de pensamento: *See Think Wonder* (Ver, pensar e deslumbrar) e *I Used to Think...Now I Think...* (Eu costumava pensar..., mas agora eu penso...). Essa abordagem favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 2 e 7**, ao possibilitar que os estudantes entrem em contato com vários exemplos que se enquadram no conceito de biotecnologia, exercitando a interpretação de dados e informações presentes no Livro do estudante para se posicionarem criticamente com base em critérios científicos e éticos.

Inicie o Tema informando os estudantes de que eles deverão responder a um questionário (ver seção *Sugestão de questionário*, mais adiante) com base em suas vivências e nos conhecimentos sobre DNA, RNA e proteína. O questionário deve ser disponibilizado em uma folha de papel e respondido individualmente. Oriente os estudantes a identificar o material, que deverá ser entregue, para que possa ser devolvido a eles em um segundo momento para subsidiar a conclusão da rotina de pensamento *I Used to Think... Now I Think...* Disponibilize um tempo adequado para que essa atividade seja realizada.

Após recolher os questionários respondidos, inicie a rotina *See Think Wonder*. Para tal, coloque, em um local ao alcance visual de todos, uma caixa de sabão em pó (detergente em pó). Pergunte aos estudantes: "O que você vê?". A tendência é que eles respondam da maneira mais óbvia e sucinta possível. Sugira que o que está sendo apresentado tem relação com o tema biotecnologia, assim o estudante vai ser instigado a estabelecer relações. Em seguida, indague: "O que você pensa disso que está vendo?". O objetivo dessa etapa é valorizar as associações citadas pelos estudantes.

Esclareça sucintamente a história do sabão em pó, mais adequadamente chamado de detergente em pó, pois difere quimicamente do sabão. Esse produto foi criado em 1946, após muitas tentativas de tornar o uso do sabão em barra mais fácil. Inicialmente, foi testado o sabão em forma de grânulos ou flocos, todavia essas tentativas não foram bem-sucedidas porque o sabão interage, principalmente, com íons presentes na água dura (com alta concentração de íons cálcio e magnésio), prejudicando a ação de limpeza. Além dos tensoativos aniônicos responsáveis por sua ação detergente, os detergentes em pó podem ter em sua constituição aditivos como alvejantes, bloqueadores ópticos, fragrância, corantes, agentes sequestrantes/quelantes e enzimas. A utilização de

MODERNA

enzimas foi a grande revolução na otimização do processo de lavagem com máquina. O efeito da limpeza antes era realizado principalmente pela ação mecânica nos tanques manuais. Atualmente, a ação química das enzimas permite a remoção de lipídios (lipases), proteínas (proteases), amido (amilases) e celulose (celulases) das roupas, o que permitiu a redução da quantidade de água, energia elétrica e tempo de lavagem. A produção dessas enzimas acontece por um processo biotecnológico, com base na fermentação aeróbia de linhagens de bactérias do gênero *Bacillus* modificadas geneticamente para produzir lipases, proteinases, amilases ou celulases. Ou seja, existe biotecnologia dentro da caixa de um detergente em pó! Esse tipo de contextualização permite aos estudantes valorizar os conhecimentos historicamente construídos, aspecto relacionado à **Competência Geral 1**. Se desejar conhecer mais acerca dessa temática, consulte o trabalho de Girelli (2013) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Finalize a rotina *See Think Wonder* perguntando: "O que os impressiona nisso?". Espera-se que, nesse momento, os estudantes consigam fazer algumas conexões. Seu papel é contribuir para a valorização das respostas que de fato estabeleçam conexões que demonstrem deslumbramento. A utilização dessa rotina para abordar um assunto que parece altamente tecnológico, como a biotecnologia, mas usando um produto de uso no cotidiano, pode promover uma postura de curiosidade e deslumbramento com o mundo real à sua volta.

Aproveite o exemplo do uso dos bacilos na produção das enzimas do detergente em pó para introduzir os assuntos sobre biotecnologia. Outros exemplos de produtos utilizados no cotidiano que apresentam processos biotecnológicos em sua produção, como pão, queijo, iogurte, chocolate, vinhos e cerveja, podem ser empregados. Você pode indicar ou exibir em aula os episódios "ar" e "terra" da minissérie *Cooked,* do escritor Michael Pollan, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Eles podem auxiliar os estudantes a conhecer alguns processos biotecnológicos utilizados na alimentação humana que foram desenvolvidos há milhares de anos, incentivando a valorização desses saberes, desenvolvendo aspectos da **Competência Geral 6**.

Ao discutir as técnicas de reprodução seletiva apresentadas no Livro do estudante, é importante que eles compreendam que ela é realizada intuitivamente pelos seres humanos desde que iniciaram as práticas agrícolas, em virtude da tendência natural de escolha de grãos, sementes e animais maiores e mais vistosos para o consumo e cultivo, o que é denominado seleção artificial. Hoje praticamente tudo o que consumimos de origem vegetal e animal passou por algum processo de melhoramento dessa maneira. Resgate os conhecimentos sobre o fluxo da informação do DNA à proteína. Relembre o conceito de mutação e sua implicação no surgimento de formas alternativas de um gene (alelos). Estabeleça a conexão entre hereditariedade, variabilidade genética e melhoramento por seleção artificial, onde certas características fenotípicas são selecionadas pelo ser humano para que sua frequência se torne maior ou predominante dentro de uma população de animais ou plantas. Essa técnica, que já foi muito utilizada, hoje foi aprimorada com o avanço da Genética e da Biologia Molecular.

É fundamental ressaltar a importância de manter a variabilidade genética dos organismos, pois a variedade de alelos de um gene presente em uma população representa um banco de possibilidades de como aquela população pode responder a eventuais mudanças no ambiente. Explique aos estudantes que uma população natural com grande variabilidade genética possui maiores chances de sobrevivência diante de alterações no ambiente; por outro lado, populações com menor variabilidade apresentam maior risco de serem extintas. Discutir a importância da conservação da biodiversidade permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT206**. Nesse contexto, é importante chamar a atenção dos estudantes para o fato de que a reprodução seletiva visa fixar características importantes e de interesse do ser humano, e não necessariamente da espécie e de suas populações.

Dois exemplos podem ser abordados para que os estudantes compreendam esses aspectos. 1) A discussão dos centros de origem e de diversidade de Vavilov, ao mostrar que espécies que têm seus centros de origem em um determinado lugar do mundo podem hoje ser cultivadas em outros lugares em razão dos programas de melhoramento. Consulte o trabalho de Clement (2015), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*), para conhecer mais sobre o assunto. 2) A discussão sobre bancos de sementes, como o Banco Mundial de Sementes de Svalbard, que funciona como um cofre onde a diversidade genética de mais de 4 mil espécies de plantas de todo o mundo é guardada; isso levará os estudantes a compreender o esforço mundial para preservar a diversidade genética das plantas cultivadas para as futuras gerações. O Brasil enviou sementes de feijão, milho, arroz, pimenta e cucurbitáceas para esse banco internacional, além de ter esses e outros cultivares no Banco Genético da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), que fica em Brasília.

Após essa etapa introdutória, peça aos estudantes que se organizem em grupos de até cinco integrantes e busquem por duas notícias relacionadas à biotecnologia, nas quais fique evidente o uso de pelo menos uma das técnicas abordadas no Livro do estudante. Esclareça que eles deverão apresentar as notícias aos outros grupos, explicando a técnica utilizada em detalhes. Para isso, além de analisarem as notícias, eles devem ler os itens que compõem este Tema. A leitura dos tópicos do Livro do estudante permite o desenvolvimento da **Competência Geral 2**, pois exercita a curiosidade intelectual e apresenta a abordagem própria das ciências para criar soluções tecnológicas. Oriente os estudantes a selecionar as notícias em *sites* de divulgação científica, por exemplo, de universidades e revistas especializadas, como a revista *Pesquisa Fapesp* ou a *Ciência Hoje*, garantindo a confiabilidade dos dados e da descrição dos procedimentos. Isso é importante para compreender o conteúdo e assim poder explicá-lo aos colegas. Essa abordagem permite o desenvolvimento da **Competência Geral 5**, já que os estudantes usarão as informações coletadas em meio digital para construir e compartilhar conhecimentos, de forma responsável, crítica e significativa. Eles devem ler as notícias, analisá-las e discuti-las em grupo, a fim de preparar

PROIBIDA

uma apresentação, também em meio digital, que deve conter as seguintes informações:

- Título da notícia.
- Nome do(s) pesquisador(es) envolvido(s).
- Nome da instituição em que a pesquisa foi desenvolvida.
- Objetivo do estudo.
- Técnicas de biotecnologia utilizadas.
- Resultados.
- Aplicações (atuais e futuras).

Incentive os estudantes a elaborar esquemas para explicar as técnicas biotecnológicas que identificaram na notícia. A interpretação de textos de divulgação científica favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**. Durante as apresentações, incentive os outros grupos a participar tirando dúvidas e promovendo correções, sempre de forma empática e construtiva. Aproveite as ideias e as discussões levantadas pelos estudantes para fazer correções, complementar as informações e também ampliar a abordagem. A seguir, sugerimos algumas discussões que podem ser abordadas quando os diferentes assuntos forem trazidos para a aula.

Ao falar sobre a técnica de PCR, você pode usar, como um exemplo interessante para contextualizar a técnica, o teste de RT-PCR utilizado para detectar a infecção de um organismo pelo SARS-CoV-2 (novo coronavírus). O primeiro passo das reações *in vitro* do RT-PCR é a transformação do RNA do vírus SARS-CoV-2 em um DNA complementar (DNAc), utilizando, para isso, uma enzima chamada transcriptase reversa (*reverse transcriptase* em inglês, de onde vem o prefixo RT). Em seguida, esse DNAc é amplificado, ou seja, são produzidas várias cópias dele pela reação de PCR. A última etapa é a detecção da presença do DNAc na amostra. Se for detectada a amplificação do DNAc do vírus, significa que o indivíduo que cedeu a amostra está contaminado. Se não houver DNAc, possivelmente o indivíduo não está contaminado com o SARS-CoV-2.

Ao abordar a tecnologia do DNA recombinante, é fundamental que os estudantes percebam que a sua aplicação se relaciona ao fato de que o código genético é comum a todos os seres vivos. Você pode voltar ao exemplo dos bacilos usados para a produção de enzimas para detergentes. Genes de lipases, proteases, amilases e celulases foram inseridos no genoma dos bacilos para a produção *in vivo* dessas enzimas. Apesar de não produzirem essas enzimas para o seu metabolismo natural, essas bactérias puderam transcrever (do DNA para RNAm) e traduzir (do RNAm para proteína) esses genes porque o código genético é universal. Por exemplo, o códon AGA codifica o aminoácido arginina em bactérias, em humanos, em insetos, em plantas e em qualquer outro ser vivo.

Comente que a universalidade do código genético é considerada uma das evidências da origem comum de todos os seres vivos. Um exemplo bem ilustrativo dessa questão são as plantas modificadas geneticamente para a expressão de genes relacionados à produção da proteína *Cry,* também chamada δ-endotoxina, que é tóxica para alguns insetos. Esses genes são provenientes do genoma da bactéria *Bacillus thuringiensis* e, por isso, são chamados de genes Bt. Para tal, bactérias da espécie *Agrobacterium tumefaciens* transportando plasmídeos construídos artificialmente, que contêm os genes Bt, foram cultivadas em laboratório com partes de plantas, geralmente folhas. Os genes Bt presentes nos plasmídeos foram transferidos para o genoma da planta por um mecanismo que acontece naturalmente na *Agrobacterium tumefaciens.* Em seguida, esses fragmentos são cultivados em meio com antibiótico, que permite o desenvolvimento das células vegetais que contêm os genes Bt em seu genoma. As plantas transformadas com os genes Bt (plantas-Bt) expressam a proteína *Cry*, que altera o ciclo de vida de alguns insetos ou é letal para eles. Por isso, as plantas-Bt são consideradas resistentes a esses insetos.

Diversas plantas que consumimos atualmente são plantas-Bt, como o milho-Bt, planta transgênica mais cultivada no mundo e no Brasil. A maior parte do milho cultivado atualmente é transgênica. Ao final da explicação, certifique-se de que os estudantes entenderam que um gene que era expresso em uma bactéria passou a ser expresso em uma planta, conferindo a ela a mesma característica outrora apresentada apenas pela bactéria. O artigo de Bobrowski *et al*. (2003) é uma excelente referência para ampliar seus conhecimentos sobre o assunto e está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

A edição gênica pode ser realizada não só por bactérias como *Agrobacterium tumefaciens*, mas também por uma recente técnica chamada CRISPR/Cas9, a qual, além de inserir genes (*knock in*), permite também a inativação de genes (*knock out*). A inativação de um determinado gene, entre outras aplicações, possibilita o estudo da sua função, pois a ausência do seu produto (por exemplo, uma enzima) pode esclarecer sua função no organismo. O estudo dos organismos mutantes naturais para diversos genes permitiu a compreensão de suas funções e conferiu avanços para a genética e a fisiologia. A realização desse processo de maneira artificial e mais barata, proporcionada pela técnica CRISPR/Cas9, amplia as possibilidades de estudo genômico. O trabalho de Carli *et al.* (2017) apresenta uma contextualização dessa técnica e pode ser utilizado para ampliar seu conhecimento. Se desejar, consulte a referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Incentive os estudantes a ler o texto "Ferramenta para editar o DNA", disponível no quadro **Fique por dentro** do Livro do estudante. Essa leitura permite que eles desenvolvam a **Competência Geral 5**, ao usarem ferramenta digital de forma significativa para a construção do conhecimento, e a habilidade **EM13CNT303**, ao interpretarem um texto de divulgação científica que trata da temática trabalhada.

O avanço das técnicas de edição do genoma tem aumentado a discussão sobre bioética. Ao final das apresentações feitas pelos grupos, apresentando diversos tipos de aplicações da biotecnologia, pergunte-lhes: "Quais são os limites éticos para a manipulação do genoma dos organismos?"; "Quais são os

REPRODUÇÃO PROIBIDA

interesses que devem guiar as pesquisas para o desenvolvimento de organismos geneticamente modificado?"; "Quais são os riscos, para a saúde e para o meio ambiente, da produção e do consumo de organismos geneticamente modificados (OGM)?". É importante que os estudantes compreendam e consigam avaliar os argumentos favoráveis e contrários, além dos riscos e benefícios do uso dessa tecnologia para o ambiente e para a saúde das pessoas. Para isso, apresente a eles o trabalho de Batalha (2015) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Peça que leiam e discutam em duplas os itens 1 (que trata de argumentos favoráveis à produção e ao consumo dos transgênicos) e 3 (que trata de argumentos contrários à produção e ao consumo dos transgênicos).

Com base nessa leitura e discussão, incentive os estudantes a construir, individualmente, um posicionamento a respeito da produção e do consumo de organismos geneticamente modificados. Explique que, se julgarem necessário, devem fazer novas pesquisas para aprofundar seu entendimento acerca do assunto, antes de elaborar seu posicionamento embasado em argumentos científicos. Ao final, promova uma discussão na sala, incentivando os estudantes a embasar seus posicionamentos com argumentos científicos. Fornecer aos estudantes diferentes posicionamentos a respeito do assunto oportunizará o desenvolvimento da **Competência Geral 7** e das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT304**, pois eles serão capazes de formular e defender ideias, pontos de vista e decisões que respeitem e promovam a consciência socioambiental e a ética.

Para finalizar, levante a possibilidade do uso de ferramentas para editar genomas humanos, como a CRISPR/Cas9. Quais são as questões éticas e os potenciais problemas sociais envolvidos na criação de humanos geneticamente modificados? Peça aos estudantes que anotem as respostas e assistam ao filme GATTACA (Andrew Nicol, EUA, 1997) no período extraclasse. Ele retrata uma sociedade em que os seres humanos podem escolher quais características desejam que seus filhos tenham. O filme ainda aborda como humanos geneticamente modificados poderiam ser considerados superiores, criando um mecanismo adicional de discriminação que seria somado aos preconceitos já existentes em nossa sociedade. Após o filme, peça aos estudantes que se posicionem novamente com relação às questões éticas e aos problemas sociais que poderiam decorrer da manipulação do genoma humano, como exposto no filme. A posterior discussão dessa situação polêmica e controversa permite mobilizar as habilidades **EM13CNT304** e **EM13CNT305**. O texto de Almeida *et al.* (2018), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode auxiliar na condução da discussão do filme.

Finalize a rotina de pensamento *I Used to Think... Now I Think...* aplicando o mesmo questionário utilizado na primeira etapa. Os estudantes devem responder às mesmas perguntas, mas agora com a aquisição dos novos conhecimentos e experiências. Forneça um tempo para a realização da atividade. Entregue aos estudantes o primeiro questionário respondido por eles e oriente-os a finalizar a rotina de pensamento escrevendo, individualmente, um texto que complete a frase: "Com relação à biotecnologia, eu costumava pensar..., mas agora penso que...". A produção textual utilizando diferentes pontos de vista permite que o estudante desenvolva a habilidade **EM13LGG303** e pode ser planejada com os professores do componente curricular **Língua Portuguesa**.

O material oriundo dos questionários respondidos e do texto produzido pelos estudantes poderá ser utilizado para avaliar se eles avançaram no conhecimento sobre biotecnologia, pois, ao examinar e explicar o porquê de seu pensamento mudar, os estudantes desenvolvem a capacidade de raciocínio e reconhecem as relações de causa e efeito.

Finalize o Tema incentivando os estudantes a refletir 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**.

- **Sugestão de questionário**

1) Você já ouviu falar em biotecnologia?
   a. Sim
   b. Não
2) Biotecnologia tem relação com genética?
   a. Sim
   b. Não
   c. Não sei
3) Onde você ouviu falar a respeito de biotecnologia?
   a. TV
   b. Escola
   c. Filme
   d. Internet
   e. Outro:_____
4) Marque quais dos produtos abaixo você acha que são frutos do emprego da biotecnologia:
   a. Sabão em pó
   b. Iogurte
   c. Chocolate
   d. Pão
   e. Queijo
5) Qual sua opinião a respeito de modificar geneticamente fungos, bactérias e plantas?
   a. Bom e correto
   b. Ruim e incorreto
   c. Não tenho opinião sobre o assunto
6) Qual sua opinião a respeito de manipular geneticamente os seres humanos?
   a. Bom e correto
   b. Ruim e incorreto
   c. Não tenho opinião sobre o assunto

MODERNA

7) Você gostaria de ter sido modificado ou planejado geneticamente?
   a. Sim
   b. Não
   c. Não tenho opinião sobre o assunto
8) Você acha "bom" e "correto" melhorar os seres humanos para que ninguém nasça com alguma deficiência genética?
   a. Sim
   b. Não
   c. Não tenho opinião sobre o assunto
9) Você acha que modificar geneticamente plantas, fungos, seres humanos e outros animais obedece à ética?
   a. Sim
   b. Não
   c. Não sei
10) Quais características você acha que poderiam ser manipuladas nos seres humanos?
   a. Cor dos olhos
   b. Disfunções no metabolismo do açúcar
   c. Doenças genéticas
   d. Transtorno de déficit de atenção e hiperatividade
   e. Cleptomania

Tema 3 – Circuitos elétricos

Objetivos de aprendizagem

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

- Avaliar circuitos elétricos, bem como possíveis demandas envolvendo a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica.
- Realizar previsões sobre o funcionamento de componentes de um circuito elétrico com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos.
- Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conhecimentos sobre os componentes de um circuito elétrico, além de interpretar modelos explicativos para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- Analisar o funcionamento de circuitos elétricos para compreender as tecnologias contemporâneas.

Subsídios para o planejamento

Este Tema deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física** e trata de circuitos elétricos, associação dos resistores em série, em paralelo e mista, instrumentos de medida, geradores, potência elétrica, chaves e receptores.

1ª etapa – Exposição dialogada

Inicie essa etapa organizando uma exposição dialogada sobre os conceitos apresentados no Tema. Comece com os componentes do circuito que serão estudados e as suas funções: condutores, resistores, geradores, chaves e receptores. Se possível, mostre os componentes em sala de aula, ou apresente imagens deles, perguntando aos estudantes se já os viram em casa ou em aparelhos eletrônicos que utilizam. Você pode apresentar também os símbolos que são usados para representar graficamente os componentes em um esquema de circuito. Depois, peça a eles que leiam os tópicos correspondentes do Livro do estudante e elaborem uma síntese no caderno sobre sua exposição e sobre a leitura, descrevendo cada componente. Nesse ponto, serão trabalhadas as habilidades **EM13CNT106**, quando se propõe a avaliação de circuitos elétricos, bem como possíveis demandas envolvendo a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, e **EM13CNT107**, ao propor aos estudantes realizar previsões sobre o funcionamento de componentes de um circuito elétrico com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos.

Depois, você pode montar alguns circuitos com os estudantes, mostrando como os componentes se organizam nele, e pedir a eles que pratiquem a representação gráfica iniciada anteriormente.

Em seguida, inicie o estudo da associação dos resistores perguntando aos estudantes para que são usados os resistores e suas associações. Resistores, por serem componentes que dissipam energia, podem ser usados: i) para diminuir a corrente elétrica em certa parte do circuito (o que acontece nas ligações em paralelo); ii) para diminuir a tensão em certa parte do circuito (o que acontece nas ligações em série); ou iii) ambos (o que acontece nas ligações mistas). Após a discussão, peça a eles que leiam os tópicos **Associação de resistores** e **Associação mista de resistores**, seguido do compartilhamento da compreensão dos textos. Atente-se para as maneiras de calcular a corrente ou a tensão nos circuitos com base em associação dos resistores e usando a lei de Ohm. Promova a resolução de alguns exemplos coletivamente, procurando contemplar cada um dos casos de associação dos resistores.

Peça aos estudantes que leiam os tópicos **Geradores** e **Potência elétrica** e explique a eles o que é a força eletromotriz (fem) e qual é a diferença entre ela e a diferença de potencial (ddp). Nesse caso, considerando um **gerador real** com resistência interna *r*, a diferença entre essas grandezas é que a ddp considera a dissipação que ocorre dentro do próprio gerador, em razão de sua resistência interna. Se considerar viável, você pode fazer um experimento com os estudantes: medir a tensão de uma bateria ou pilha e estimar quanto valeria sua resistência interna. Também pode pedir aos estudantes que definam o que é a potência entregue pelo gerador – que é a diferença entre a potência total e a dissipada – e o que é a potência dissipada por um resistor; neste último caso, você pode comentar sobre o efeito Joule e o funcionamento de equipamentos que têm a função de esquentar, como é o caso de aquecedor, chuveiro elétrico, secador, chapinha de cabelo e ferro elétrico.

MODERNA

Sugira aos estudantes ler o tópico **Circuito gerador-resistor-receptor** e, depois, discuta sobre uma utilização bem próxima ao cotidiano deles, que é a recarga da bateria de eletrônicos por dispositivos externos, o que favorecerá o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308**, pois se propõe analisar o funcionamento de circuitos elétricos para compreender as tecnologias contemporâneas.

A compreensão sobre a associação dos resistores, o funcionamento dos geradores e como se calcula a potência elétrica é importante principalmente para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, ao possibilitar a análise de questões e a elaboração de hipóteses e previsões usando conhecimentos sobre os componentes de um circuito elétrico, além de interpretar modelos explicativos para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Nesse momento, é importante que os estudantes compreendam esses conceitos básicos e estejam preparados para analisar circuitos que serão propostos na etapa seguinte. Se for o caso, sugira algum problema para que eles resolvam em pequenos grupos e façam uma roda de conversa a fim de verificar o entendimento deles em relação aos tópicos abordados.

- **2ª etapa – Laboratório Rotacional**

Essa etapa foi planejada para o uso da metodologia ativa de **Laboratório Rotacional**, que incentiva os estudantes a agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, inclusivos e solidários, mobilizando, portanto, as **Competências Gerais 4, 9 e 10**.

Assim, organize os estudantes em dois grupos; um deles permanecerá em sala de aula, enquanto o outro vai ao laboratório de informática. Depois de certo tempo estipulado previamente, os grupos trocarão de posição e, ao final, os dois grupos deverão ter realizado as mesmas atividades. Para mais informações sobre a metodologia, verifique o trabalho de Sá (2019) e Bacich *et al*. (2015) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

- **Atividade 1: em sala de aula**

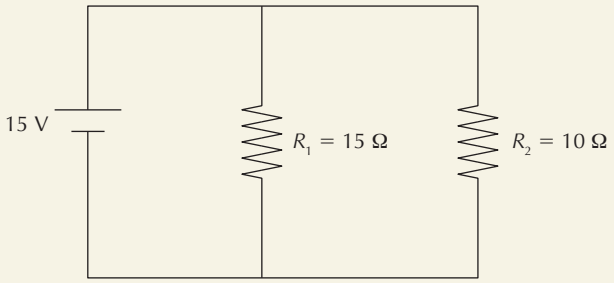
Proponha aos estudantes que, em grupos de até quatro integrantes, realizem duas tarefas:

1) Montar os circuitos para representar os componentes – bateria, resistores, condutores. Quando finalizarem, eles deverão explicar a montagem do circuito para você.
2) Representar graficamente o circuito e calcular a corrente em cada um dos resistores, a potência dissipada por eles e a corrente total do circuito.

Apresente aos grupos apenas uma descrição como as descritas abaixo (lembrando que os valores podem ser diferentes para cada grupo).

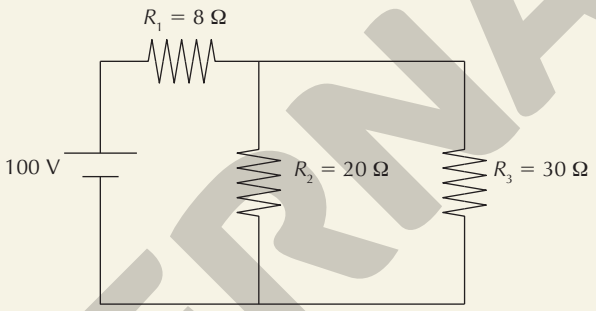
"Monte um circuito considerando uma ddp de 15 V, ligada a um resistor de 15 Ω que, por sua vez, está ligado em paralelo a um resistor de 10 Ω".

O circuito deverá ficar semelhante à figura a seguir.



"Monte um circuito considerando uma ddp de 100 V, ligada a um resistor de 8 Ω que, por sua vez, está ligado em série a outros dois resistores de 20 Ω e 30 Ω que estão ligados em paralelo."

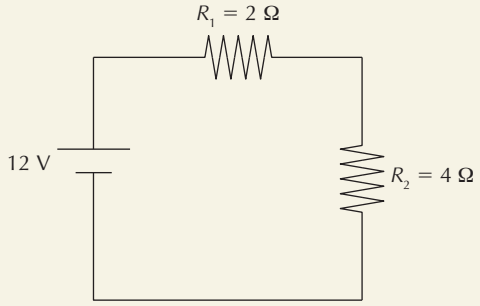
O circuito deverá ficar semelhante à figura a seguir:



- **Atividade 2: no laboratório de informática**

Utilizando o *Kit para montar circuito DC*, desenvolvido pelo Phet e indicado na seção **Fique por dentro**, os estudantes deverão montar dois ou três circuitos – a depender do tempo e da habilidade da turma – desde que pelo menos um deles seja ligado em paralelo e o outro seja uma associação mista. Entregue a eles apenas uma descrição, como a do modelo abaixo (lembrando que os valores podem ser diferentes para cada grupo).

"Monte um circuito considerando uma ddp de 12 V ligada a um resistor de 2 Ω em série com outro resistor de 4 Ω. Meça a tensão e a corrente em cada resistor, calculando em seguida a potência dissipada por ele". (Ver figura abaixo.)



"Monte um circuito considerando uma ddp de 15 V, ligada a um resistor de 15 Ω que, por sua vez, está ligado a um resistor de 10 Ω em paralelo. Meça a tensão e a corrente em cada resistor, calculando em seguida a potência dissipada por ele." (Ver a primeira figura.)

"Monte um circuito considerando uma ddp de 100 V, ligada a um resistor de 8 Ω que, por sua vez, está ligado a

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

outros dois resistores ligados em paralelo de 20 Ω e 30 Ω. Meça a tensão e a corrente em cada resistor, calculando em seguida a potência dissipada por ele." (Ver a segunda figura.)

No momento em que montarem os circuitos no simulador, oriente os estudantes a utilizar a menor quantidade de condutores possível. Sugira a eles que experimentem ver o que acontece quando se varia o valor da fonte ou das resistências. Ao fazer a medida, é importante verificar se eles estão usando o multímetro de maneira correta, isto é, se o colocam em série para medir a corrente elétrica e em paralelo para medir a tensão elétrica.

Com base nesse trabalho, pode ser elaborado um relatório de atividade experimental em que os estudantes devem descrever os procedimentos para a tomada de dados, organizar os dados (o que pode ser feito em uma tabela) e incluir *prints* das telas onde as medidas foram feitas.

Respostas dos circuitos:

	Corrente	Tensão	Potência
Primeira figura	$i_{Total} = 2{,}5$ A $i_1 = 1{,}0$ A $i_2 = 1{,}5$ A	$U_{Total} = 15$ V $U_{R1} = 15$ V $U_{R2} = 15$ V	$P_{Total} = 37{,}5$ W $P_{R1} = 15{,}0$ W $P_{R2} = 22{,}5$ W
Segunda figura	$i_{Total} = 5{,}0$ A $i_1 = 5{,}0$ A $i_2 = 3{,}0$ A $i_3 = 2{,}0$ A	$U_{Total} = 100$ V $U_{R1} = 40$ V $U_{R2} = 60$ V $U_{R3} = 60$ V	$P_{Total} = 500$ W $P_{R1} = 200$ W $P_{R2} = 180$ W $P_{R3} = 120$ W
Terceira figura	$i_{Total} = 2{,}0$ A $i_1 = 2{,}0$ A $i_2 = 2{,}0$ A	$U_{Total} = 12$ V $U_{R1} = 4$ V $U_{R2} = 8$ V	$P_{Total} = 24$ W $P_{R1} = 8$ W $P_{R2} = 16$ W

As atividades 1 e 2 promovem o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, ao propor aos estudantes analisar questões e elaborar hipóteses e previsões usando conhecimentos sobre os componentes de um circuito elétrico, além de interpretar modelos explicativos para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica, e **EM13CNT107**, ao propor aos estudantes realizar previsões sobre o funcionamento de componentes de um circuito elétrico com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos. A atividade 2, em especial, também promove o desenvolvimento da **Competência Geral 5**, pois propõe aos estudantes compreender e utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

Quando os dois grupos voltarem à sala de aula, proponha uma roda de conversa sobre como foram as duas atividades e o que eles acharam da experiência de trabalhar com a turma dividida e em espaços diferentes. Eles também podem avaliar em qual das duas situações sentiram maior facilidade em compreender os circuitos e realizar as atividades propostas. Lembre-se de considerar essas respostas para organizar suas atividades futuras.

Para verificar a aprendizagem dos estudantes, peça a eles que, em trios, resolvam os exercícios propostos na seção **Atividades**. Circule entre os grupos para esclarecer eventuais dúvidas com relação ao conteúdo ou aos exercícios. Depois disso, promova uma correção coletiva, em que cada grupo poderá ser escolhido para explicar a resolução de um dos exercícios.

Caso julgue oportuno, utilize a proposta da *Atividade complementar* após a resolução e correção dos exercícios da seção **Atividades** para ampliar as discussões sobre circuitos, seu funcionamento na rede elétrica residencial e seus riscos. A atividade tem como objetivo promover uma reflexão e a aplicação dos conceitos científicos estudados neste Tema, possibilitando o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT106**, pois os estudantes terão de avaliar circuitos elétricos, bem como possíveis demandas envolvendo a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica. Além disso, ela também promove o desenvolvimento da **Competência Geral 7**, pois leva os estudantes a argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam o autocuidado e o cuidado do outro em relação aos riscos envolvidos no uso incorreto de fiações e instrumentos elétricos.

Assim, sugira aos estudantes ler individualmente o trecho da notícia selecionada, que trata dos principais motivos que levam aos choques elétricos e incêndios residenciais. Em seguida, em trios, eles deverão discutir e responder às questões propostas. Se considerar pertinente, o trabalho pode ser estendido para a elaboração de um material sobre a conscientização dos riscos da rede elétrica, a ser publicado em um *site* ou em um panfleto impresso, que pode ser divulgado para toda a comunidade escolar e em torno dela.

Ao final, proponha aos estudantes que, individualmente, elaborem um resumo relatando suas aprendizagens sobre este Tema, utilizando a seção **Reflita sobre seu aprendizado!** apresentada no Livro do estudante. Solicite que relatem nesse resumo o que mais chamou a atenção durante o estudo do Tema e por quê, e quais foram as dificuldades. Essa estratégia favorece o desenvolvimento das subdimensões metacognição e autoavaliação das **Competências Gerais 1 e 6**, respectivamente. Incentivar o uso dessa seção é um convite aos estudantes para a reflexão acerca do próprio desenvolvimento ao longo do estudo.

Atividade complementar

Leia o trecho de uma notícia.

Gambiarra é a causa mais comum de choques em casa

[...]

Tomadas mal instaladas, cheias de benjamins e gambiarras e má distribuição de carga são algumas das causas de choques domésticos. Segundo o Anuário de 2019 da Associação Brasileira de Conscientização para Perigos da Eletricidade (Abracopel), os eventos com choque elétrico lideram o *ranking* de acidentes

REPRODUÇÃO PROIBIDA

de origem elétrica no país, seguidos pelos incêndios por sobrecarga.

Segundo o clínico geral Arnaldo Lichtenstein, muita gente toma choque elétrico, tanto dentro de casa quanto fora de casa. "Dentro de casa, a maior causa de choque elétrico é a gambiarra. Eletricidade é com o eletricista. Não tente improviso em casa."

[...]

O perigo da sobrecarga de eletrodomésticos

Quem nunca ligou vários aparelhos elétricos ao mesmo tempo dentro da casa? Mas será que a rede elétrica está preparada para suportar tanta demanda? O engenheiro eletricista da Universidade Federal de Goiás Jovanilson Faleiro de Freitas alerta para o perigo da sobrecarga de eletrodomésticos.

"Dentro de casa eu tenho que ter um cuidado para entender se a minha rede elétrica está compatível para aquele tanto de equipamentos que estou ligando dentro de casa", explica o engenheiro.

No verão, muita gente acaba tomando muitos banhos ao dia. Entretanto, enquanto o chuveiro estiver em ação, cuidado para não usar também o ferro elétrico, ventilador, ar-condicionado. "Você pode ter um princípio de curto-circuito que consequentemente pode virar um incêndio."

Outro hábito perigoso é ligar vários aparelhos na mesma tomada. "Dependendo de como foi feita a instalação, da fiação, pode gerar um ponto quente, que vira um curto-circuito."

A saída é usar sempre um filtro de linha (régua). "Ele vem com informação do nível de potência, quantos equipamentos eu posso ligar. A proteção vai atuar e não deixar queimar nenhum dos equipamentos."

Fonte: GAMBIARRA é a causa mais comum de choques em casa. *G1 –, São Paulo,* 16 jan. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/noticia/2020/01/16/gambiarra-e-a-causa-mais-comum-de-choques-em-casa.ghtml>. Acesso em: 8 set. 2020.

Após ler a notícia, discuta com seus colegas:

1. Como são as instalações elétricas na residência de vocês? Vocês fazem esses tipos de gambiarra? Por quê?
2. Por que as gambiarras oferecem risco ao sistema elétrico de residências?
3. Qual é a melhor maneira de ligar os aparelhos elétricos e eletrônicos em casa?
4. Você acredita que as pessoas reconhecem os riscos das gambiarras? O que poderia ser feito para que elas soubessem como evitá-las?

• Resoluções da atividade complementar

1. Resposta pessoal. São comuns nas residências tomadas mal instaladas, o uso de benjamins, com sobrecarga na rede elétrica, entre outros. Em geral, a reorganização das redes elétricas gera custos e leva tempo – e deve ser feita por eletricistas. Muitas casas foram projetadas quando o número de eletrodomésticos e eletrônicos era muito menor do que se tem hoje, não tendo tomadas suficientes para ligar todos os aparelhos. Além disso, o uso de adaptadores e benjamins não é feito seguindo as especificações de segurança.
2. A rede de tomadas é ligada a um disjuntor que limita a corrente a ser distribuída naquela rede e, chegando ao limite, ele desarma, interrompendo o fornecimento de energia. Assim, ligar muitos equipamentos na mesma rede, ainda que não se chegue ao limite, pode levar a um aquecimento dos fios que os danifica, podendo causar choques elétricos ou incêndios.
3. O ideal é reorganizar a rede elétrica para disponibilizar o número de tomadas de que um certo cômodo precisa, sendo uma tomada para cada aparelho. Porém, se isso não for viável, pode ser utilizado um filtro de linha, que possui um limite de corrente elétrica seguro, e ainda outros cuidados poderão ser tomados, como não ligar muitos aparelhos de alta potência simultaneamente, como chuveiro elétrico, ar-condicionado, ferro elétrico e secador de cabelo.
4. Resposta pessoal. É provável que as pessoas não imaginem o risco que correm ao fazer gambiarras ou que achem alarmistas os alertas feitos. A melhor maneira de conscientizá-las deve ser por meio de informações, utilizando-se de diversos meios de comunicação, como TV, rádio e internet. Se julgar necessário, planeje com os estudantes uma campanha de divulgação sobre esse assunto.

Tema 4 – Eletromagnetismo e suas aplicações tecnológicas

Objetivos de aprendizagem

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

- Analisar transformações e conservações em sistemas envolvendo energia para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas.
- Avaliar tecnologias e possíveis soluções para demandas envolvendo a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica.
- Realizar previsões sobre o funcionamento de motores elétricos com base no processo de condução e transformação de energia envolvidos.
- Analisar questões e elaborar hipóteses e previsões usando conceitos de Eletromagnetismo, além de interpretar dados para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- Comunicar, para públicos variados, resultados de experimento, elaborando textos por meio de diferentes linguagens, promovendo debates em torno de temas científicos e tecnológicos.
- Analisar as propriedades magnéticas de materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.

MODERNA

- Investigar o funcionamento de motores elétricos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais.

Subsídios para o planejamento

O **Tema 4** discorre sobre Eletromagnetismo, explorando os conceitos de campo magnético, força magnética e indução eletromagnética; por isso deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**.

As sugestões propostas para trabalhar o Tema foram inspiradas na metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a qual pode ser divida em três partes, conforme apontam Mori e Cunha (2020): i) compreensão e definição do problema pelo estudante; ii) escolha, coleta e armazenamento de informações que devem ajudar a solucionar o problema; e iii) construção da solução do problema, onde ocorrem a síntese e a avaliação do processo. Caso deseje aprofundar seus conhecimentos nessa metodologia, busque pela referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Durante a ABP, em alguns momentos, os estudantes deverão trabalhar em grupos e assumir tarefas distintas, que podem ser revezadas ao longo dos encontros. É essencial que o grupo tenha pelo menos um coordenador, que dá a palavra, organiza a ordem das falas e conduz a discussão para que não saiam do assunto, e um redator, que toma nota das principais ideias do grupo, atentando-se para que fique registrado todo o processo de discussão e evolução das ideias. Os demais estudantes devem contribuir com a discussão e, durante o rodízio, deverão assumir também as posições de coordenador e relator do grupo (Borges *et al.*, 2014). A metodologia promove o desenvolvimento das **Competências Gerais 4, 9 e 10**, pois incentiva os estudantes a utilizar diferentes linguagens (verbal, visual, científica, entre outras) para agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, expressando suas ideias com empatia e respeito para tomarem decisões com base em princípios éticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Para a definição do problema, trabalharemos com a leitura de um texto construído com base em um experimento histórico, o experimento de Oersted. Embora o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) seja considerado o descobridor do Eletromagnetismo, muitas vezes também se considera – erroneamente – que ele chegou a esse resultado por sorte. Baseando-se em fontes primárias e secundárias da História da Ciência (HC), Pinto *et al.* (2017) elaboraram um artigo em que discutem a utilização desse caso em sala de aula. Não utilizaremos a atividade mencionada no artigo como um todo – embora ela possa ser fonte de inspiração para ampliar ou aprofundar o tema, caso considere interessante.

Proponha aos estudantes apenas a leitura do "Anexo II – Oersted e a relação entre eletricidade e magnetismo" do artigo "Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted" (Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p176>. Acesso em: 8 set. 2020.), um texto já adaptado ao Ensino Médio, que trata do experimento, colocando elementos da História da Ciência para favorecer a compreensão do processo. O trabalho com esses elementos promove o desenvolvimento da **Competência Geral 1**, pois visa à valorização e à utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade. Para complementar o texto, sugira também a leitura do item **Experimento de Oersted**, do Livro do estudante. Peça aos estudantes que, durante a leitura, marquem as palavras cujo significado não esteja claro.

Em grupos de quatro ou cinco integrantes, peça a eles que realizem um *brainstorm* sobre o texto, levantando inicialmente suas impressões e procurando revelar qual foi o problema encontrado, que ficou ainda mais evidente após o experimento de Oersted. Para registro desse *brainstorm*, cada grupo poderá dispor de uma cartolina e algumas canetinhas e anotar suas ideias no papel, fazendo relações entre elas, quando for o caso. Nesse momento eles podem discutir também o significado das palavras que anotaram anteriomente. O conjunto de palavras deve variar entre os grupos, mas algumas delas provavelmente serão: "magnetizar", "imantação", "simetria entre fenômenos", "fluidos elétricos". Sugira que a definição dos termos levantados pelo grupo seja feita ao longo do processo de estudo individual.

Depois do *brainstorm,* os grupos deverão definir o problema, colocando-o em uma frase ou como uma pergunta. Circule entre os grupos durante as discussões e ajude-os a definir o problema, caso perceba que estão se desviando muito do foco principal, que é **explicar a relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos**. Assim, quando estiver colocado o problema, os estudantes deverão criar um resumo de suas hipóteses, apoiando-se nas hipóteses iniciais geradas no *brainstorm*, e selecionar quais serão suas possíveis fontes de pesquisa para solucionar o problema.

Promova uma roda de conversa e peça ao coordenador de cada grupo que exponha como elaboraram o problema. Anote os problemas no quadro e, com os estudantes, definam quais serão os objetivos de aprendizagem. Nesse ponto, é importante que você destaque três conceitos principais a serem estudados, caso não apareçam espontaneamente no levantamento deles: campo magnético, força magnética e indução e suas respectivas aplicações no cotidiano e na tecnologia. Outra fonte de inspiração para a definição dos objetivos de aprendizagem podem ser as habilidades listadas neste Tema.

A partir desse momento, será desenvolvido, no período extraclasse, o estudo individual do Tema, em que eles deverão usar, além do Livro do estudante, artigos científicos e materiais de divulgação científica, desde que sejam obtidos em fontes confiáveis, como buscadores das revistas *Pesquisa Fapesp* e *Ciência Hoje*. Se julgar pertinente, contribua também com materiais que considerar relevantes, como a indicação de *sites*, simuladores e artigos científicos. Esse momento extraclasse contribui para o desenvolvimento das subdimensões busca de informação e utilização de ferramentas digitais das **Competências Gerais 1 e 5**, respectivamente.

MODERNA

A seguir, discutiremos brevemente os principais aspectos de cada um dos pontos principais.

- **Campo magnético**

O que é campo magnético, como ele se origina e como é representado por meio de suas linhas de campo e pela regra da mão direita. Com base na definição geral, eles poderão compreender o funcionamento de uma bússola, a origem e os efeitos do campo magnético da Terra e o que são os ímãs e como eles funcionam. Também nesse tópico é importante que compreendam os campos magnéticos gerados por corrente elétrica em fios retilíneos, espiras e solenoides.

Uma fonte de inspiração, que pode ser sugerida para ampliar a compreensão do tema, é o artigo "Magnetismo na terra brasilis" (Rezende, 2000), em que é apresentada a evolução das investigações sobre os fenômenos e materiais magnéticos até os dias atuais, com ênfase no atual estágio da pesquisa em Magnetismo no Brasil. A referência completa do artigo pode ser encontrada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Esse tópico desenvolve a habilidade **EM13CNT307**, pois os estudantes analisam as propriedades magnéticas de materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.

- **Força magnética**

O que é a força magnética e como ela age em partículas eletricamente carregadas que adentram o campo magnético. Como se forma a aurora boreal e a função do campo magnético da Terra. O funcionamento do LHC (*Large Hadron Colider*). Qual é a origem da força magnética, como determinar seu módulo, direção e sentido usando a regra da mão esquerda. A força magnética em condutores retilíneos. Como funcionam os motores elétricos e as usinas de geração de energia elétrica: qual é a função das bobinas na conversão de energia – por exemplo nas hidrelétricas, quando a energia mecânica é convertida em energia elétrica.

Esse tópico favorece o desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT101**, uma vez que os estudantes analisam as transformações e conservações em sistemas, envolvendo energia para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas; **EM13CNT106**, quando avaliam as tecnologias e possíveis soluções para demandas envolvendo a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica; **EM13CNT107**, pois terão de realizar previsões sobre o funcionamento de motores elétricos com base no processo de condução e transformação de energia envolvidos; e **EM13CNT308**, por terem de investigar o funcionamento de motores elétricos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais.

- **Variação do campo magnético e seus efeitos**

O que é o fluxo do campo magnético e como calculá-lo, a variação do fluxo magnético e a produção de corrente elétrica. O que é indução e como a lei de Lenz define o sentido da corrente induzida. A lei de Faraday-Neumann, que pode ser explorada visualmente por meio do simulador proposto na seção **Fique por dentro**, que favorece o trabalho com a subdimensão utilização de ferramentas digitais da **Competência Geral 5**. Nesse caso, os estudantes podem acessar o simulador de seus *smartphones* e realizar os experimentos propostos, observando a relação entre a variação do fluxo elétrico e a produção de corrente elétrica, necessária para ligar o circuito elétrico com a lâmpada.

Esse tópico desenvolve a habilidade **EM13CNT301**, ao propor aos estudantes que analisem questões, elaborem hipóteses e previsões usando conceitos de Eletromagnetismo, além de interpretar dados para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Depois da primeira coleta de informações sobre os temas, nos estudos individuais, sugira aos integrantes dos grupos reunir-se e discutir sobre o que encontraram, fazendo uma síntese dos materiais e focando em pesquisar eventuais lacunas que tenham aparecido em relação aos objetivos de aprendizagem, organizando como farão isso.

Em um novo encontro do grupo, eles deverão organizar as informações da pesquisa, construindo uma síntese em formato de texto escrito ou um mapa conceitual coletivo para terem clareza das informações que detêm e que podem contribuir para a resolução do problema. Esse momento configura-se na mobilização da subdimensão aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**, uma vez que os estudantes terão de fazer conexões, atribuir significado e organizar os conhecimentos adquiridos. No caso de optar pela construção de um mapa, oriente-os a realizar a listagem dos principais termos e a escolher um termo central, baseando-se nas hipóteses e nos objetivos de aprendizagem. Depois disso, eles devem organizar o mapa apresentando os termos com base no que consideram principal, que fica no centro da folha, e colocar os demais, lembrando que, ao conectar dois ou mais termos, é importante colocar uma frase de ligação entre eles. Lembre-os de que nesse processo a aprendizagem é cooperativa e colaborativa, devendo, portanto, ser uma corresponsabilidade assumida por todos.

Antes de concluir o processo de elaboração coletiva de uma solução para o problema, proponha aos estudantes que, em grupos de quatro integrantes, realizem a **Prática investigativa** proposta no Livro do estudante. Verifique com eles a possibilidade de conseguirem os materiais e, se possível, reserve o laboratório de Ciências para a atividade. A proposta aborda a construção de um motor elétrico e de um controlador, sendo mais uma oportunidade de se trabalhar a relação entre eletricidade e magnetismo e, com isso, desenvolver a habilidade **EM13CNT107**, pois os grupos terão de realizar previsões sobre o funcionamento de motores elétricos com base no processo de condução e transformação de energia envolvidos. Além disso, também promove o desenvolvimento da **Competência Geral 2,** pois propõe o exercício da curiosidade intelectual e recorre 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 com base nos

EM MODERNIA

conhecimentos das diferentes áreas. Além disso, essa prática permite desenvolver um dos pressupostos do pensamento computacional, que é fazer pesquisa. Ou seja, os estudantes são convidados a aprender de forma independente e autônoma sobre a montagem de um controlador usando *sites* e ambientes virtuais, e contar com o apoio do professor e dos colegas para discutir os resultados encontrados. Como o pensamento computacional é o processo de analisar e solucionar um problema, os estudantes passarão pelas seguintes etapas: divisão do problema; identificação de padrões; abstração e algoritmo. Inclusive, essa prática investigativa mobiliza as subdimensões, linguagens de programação e domínio de algoritmo da **Competência Geral 5**. Caso deseje compreender melhor a relação entre pensamento computacional e ensino de Ciências, consulte as orientações gerais deste *Suplemento*.

Em **Prepare-se!**, sugere-se a utilização de um aplicativo ou de uma bússola, e os grupos eventualmente podem trabalhar com os dois.

A prática investigativa pode ser dividida em duas partes: a montagem do motor e a ligação com o controlador. Na montagem do motor, peça aos estudantes que sejam cuidadosos no momento de descascar os fios e fiquem atentos à instrução de retirar o esmalte apenas em metade da ponta do fio, o que também pode ser feito com uma lixa. Depois de montado e testado, o ideal é desconectar a pilha do motor, para que ela não descarregue tão rápido. Na parte do controlador, a ponte H pode ser obtida pronta – ou ser construída, caso você possua conhecimentos e materiais para isso. Além disso, essa etapa também vai lidar com a utilização de conhecimentos sobre programação em computadores, mobilizando a **Competência Geral 5** e trabalhando o pensamento computacional. Caso você não se sinta confortável em realizar essa parte, faça ao menos a montagem do motor, que já é bem interessante, e os próprios estudantes podem encontrar suporte para isso na internet. Se julgar necessário, instrua os estudantes a assistir ao vídeo que explica como fazer um motor elétrico semelhante ao que será desenvolvido (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>. Acesso em: 8 set. 2020.).

No tópico **Discuta com seus colegas**, são mobilizadas as **Competências Gerais 7 e 9**, uma vez que os estudantes são convocados a expressar opiniões e argumentos de forma empática, com base em dados e evidências. As questões 1, 2 e 3 servem para verificar se eles conseguem aplicar o conhecimento estudado na atividade prática; a questão 4 trata sobre o controlador; e as questões 5 e 6 trazem uma reflexão sobre a montagem experimental e a divulgação dos resultados e conclusões obtidas, promovendo com isso o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302** e da **Competência Geral 4**, pois prevê a comunicação aos colegas sobre os resultados do experimento, por meio da elaboração de texto e utilizando diferentes linguagens. Ao final, cada grupo poderá apresentar suas respostas, e uma roda de conversa servirá para sintetizar quais foram os resultados e as principais conclusões obtidas.

Após a prática investigativa, sugira aos estudantes resolver as questões da seção **Atividades**. Nesse momento, atente-se para a discussão entre os integrantes do grupo, levantando as principais dúvidas e verificando se ainda restam lacunas em relação aos conceitos estudados.

Por fim, peça aos estudantes que retomem as hipóteses iniciais e procurem fazer um texto buscando responder ao problema estabelecido sobre a relação entre a eletricidade e o magnetismo. Esse texto poderá ser organizado em formato de artigo científico, em que os estudantes apresentam a origem e o problema na introdução; os procedimentos de pesquisa – tanto bibliográfica quanto as utilizadas na resolução do problema –, a metodologia; os resultados obtidos ao longo do processo e as conclusões a respeito da natureza do Eletromagnetismo. Nessa proposta, outros aspectos podem ser trabalhados com relação à estrutura de um artigo científico, por exemplo, fazer citações e referências bibliográficas. Essa atividade também contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, pois trabalha a comunicação de resultados para públicos variados, elaborando textos por meio de diferentes linguagens, promovendo debates em torno de temas científicos e tecnológicos. Uma coletânea de artigos desenvolvidos pelos grupos pode virar uma publicação impressa ou digital.

Após toda a sequência, sugira aos estudantes preencher o quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, que busca incentivar os estudantes a regular a própria aprendizagem, o que favorece o aprofundamento da subdimensão metacognição e autoavaliação das **Competências Gerais 1 e 6**, respectivamente. Se possível, organize uma forma de dar um *feedback* individual e coletivo aos estudantes, levando em consideração principalmente o seu aprendizado e a sua participação nas diferentes atividades propostas, procurando com isso fazer com que eles melhorem seu desempenho.

Tema 5 – Corrosão

Objetivos de aprendizagem

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

- Descrever o processo de corrosão.
- Elencar impactos causados pela corrosão.
- Propor soluções para os problemas causado pela corrosão.
- Avaliar a tendência de corrosão com base nos valores de potenciais das possíveis reações envolvidas no processo.

Subsídios para o planejamento

Esta aula deverá ser ministrada pelo docente do componente curricular **Química**, de modo que os estudantes sejam incentivados a trabalhar a argumentação e também em grupo; sugere-se o uso de elementos da estratégia didática *Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning*, PBL, do inglês). A PBL utiliza problemas do mundo real para introduzir diferentes conceitos à turma, podendo desenvolver habilidades de comunicação, de pensamento crítico, de

REPRODUÇÃO

resolução de problemas, entre outras. Portanto, contribui para o desenvolvimento das **Competências Gerais 2, 7 e 9**.

- **1ª etapa**

Inicie essa etapa perguntando aos estudantes: "O que é corrosão?"; "Por que ela acontece?". Registre no quadro de giz as respostas apontadas por eles. Atente-se para deixar claro que corrosão não ocorre apenas com metais, embora esse tipo de material seja o mais utilizado para exemplificar o fenômeno. Mencione que, devido à presença de gás oxigênio na atmosfera – um agente oxidante –, metais e outros materiais são vulneráveis ao processo de corrosão.

Peça aos estudantes que formem uma roda e realizem a leitura e discussão do artigo intitulado *Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico* (Merçon, Guimarães e Mainier, 2004), disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Esse material conta com vários exemplos de situações cotidianas em que ocorre o fenômeno da corrosão. Fomentar uma discussão em torno da leitura do artigo pode, como afirmado pelos autores, contextualizar o ensino por meio da ponte entre o conhecimento da Química e aspectos sociais, econômicos, ambientais e históricos. Essa atividade promove o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, bem como da **Competência Geral 7**, por incentivar a exploração de situações cotidianas, a descoberta e explicação de problemas reais e a aplicação de dados e fatos para resolver esses problemas.

- **2ª etapa**

Nessa etapa, o foco é delinear um problema, de modo que os estudantes, em grupos, deverão desenvolver um plano de ação para sua resolução. Esse problema deve ter valor e significado para os estudantes e aplicar-se ao mundo real, além de estar diretamente ligado ao Tema corrosão. Assim, peça aos estudantes que formem grupos de, no máximo, cinco integrantes. O trabalho em grupo favorecerá a subdimensão colaboração da **Competência Geral 9**, pois os estudantes terão de planejar, decidir e realizar ações em conjunto.

Sugerimos uma problematização do assunto por meio do vídeo chamado "Praia do Futuro é dona do título de lugar com maresia mais forte do Brasil", indicado no quadro **Fique por dentro**. Esse vídeo relata os problemas de corrosão de materiais que ocorrem por causa da maresia. Proponha aos estudantes que montem um plano para minimizar os seguintes problemas: "Como diminuir o impacto da corrosão ocasionada pela maresia em cidades litorâneas?". O plano de ação envolve a realização de pesquisas, *brainstorm* (tempestade de ideias) e a definição da estrutura do plano por parte dos estudantes. Esse procedimento desempenha um papel importante para o desenvolvimento de alguns elementos das **Competências Gerais 1 e 2**, pois incentiva os estudantes a desenvolver a criatividade, o pensamento crítico e a inovação. A construção do plano de ação deverá ser realizada em sala de aula, e esse espaço também será reservado para que se promova a discussão dos conceitos que podem auxiliar no desenvolvimento do plano e na sua implementação. Assim, deixe claro para os grupos que o plano de ação deve conter: i) o fato, ou seja, o problema que se pretende resolver e ii) as ideias principais que os estudantes julgam convenientes e que podem ser capazes de resolver o problema. Esclareça que, nesse momento, os estudantes devem refletir sobre o problema a fim de realizar uma tempestade de ideias. As ideias que surgirem devem estar no plano de ação em forma de hipóteses. Além das hipóteses, precisam constar no plano o desenvolvimento dessas hipóteses principais e uma avaliação de sua viabilidade com justificativas que devem envolver conceitos químicos bem definidos. Essa atividade auxilia no desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, já que os estudantes são instigados a elaborar hipóteses, previsões e estimativas utilizando conhecimentos científicos para a resolução de problemas.

Recomendam-se as leituras do Livro do estudante e do artigo citado na etapa anterior como materiais principais de estudo para a elaboração do plano de ação. Além disso, sugira a realização de pesquisas em fontes confiáveis, usando as plataformas *Scielo*, *Portal da Capes*, entre outras. Esse procedimento pode desenvolver alguns elementos das **Competências Gerais 1 e 7**, já que o estudante será instigado a pesquisar por conta própria em outras bases de dados e refletir sobre o conteúdo lido a fim de utilizar o conhecimento para a resolução de um problema do mundo real. Além disso, incentive os estudantes a explorar a outra sugestão de material do quadro **Fique por dentro**, pois, além de complementar o conteúdo abordado, favorece o trabalho com a **Competência Geral 5**, proporcionando ao estudante a utilização de recursos multimídia para apoiar a aprendizagem.

Nessa etapa, seu papel é circular entre os grupos, verificando se eles estão discutindo o assunto e tentando montar o plano de ação. Caso perceba dúvidas em algum grupo, compartilhe a dúvida com toda a sala, pois ela pode ser a mesma de outros grupos.

- **3ª etapa**

Essa etapa consiste na apresentação do plano de ação pelos estudantes, uma breve aula explicativa dos conceitos, e a resolução da seção **Atividades**.

Para iniciar essa etapa, cada grupo da turma deverá apresentar o plano de ação elaborado na etapa anterior, à frente da sala, explicando aos colegas o que foi desenvolvido. Essa explicação pode ser no quadro de giz ou com o auxílio de *slides*, caso haja equipamentos disponíveis. Peça aos grupos que entreguem uma versão escrita do plano de ação com os itens que foram descritos na 2ª etapa.

Após a apresentação, você deve ministrar uma breve aula sobre os conceitos que julgou que não foram bem desenvolvidos pelos estudantes ou que levantaram muitas dúvidas ou concepções alternativas. A seguir, estão alguns tópicos essenciais que devem ser tratados.

Para abordar o tópico **Estudo da formação da ferrugem**, pode-se realizar um experimento de caráter investigativo para auxiliar o estudante a perceber que, para que ocorra a formação de ferrugem, é necessário que haja

REPRODUÇÃO

gás oxigênio e água no meio. Sugere-se a realização da *Atividade complementar* nesse momento. Caso a realize, é importante verificar se os estudantes entendem que o gás oxigênio, presente no ar atmosférico, é fundamental para a ocorrência da reação, pois, em um estudo realizado por Adu-Gyamf e Ampiah (2019), identificou-se que os estudantes encontraram dificuldade em conceituar o papel do oxigênio atmosférico na participação da reação de corrosão. A referência completa está indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Ao realizar essa atividade, espera-se que o estudante relacione aspectos macroscópicos – no caso, a formação de ferrugem – com aspectos submicroscópicos – a presença de íons em solução, que ao interagir formam novas substâncias. Em relação ao aspectos simbólicos, espera-se que eles representem as reações químicas por meio de equações. Ao buscarem relacionar observações empíricas com explicações em nível submicroscópico, lançando mão de ferramentas de busca e da discussão com pares enquanto se atentam a princípios científicos e coletivos, os estudantes desenvolvem as habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT301** e **EM13CNT306**, bem como a **Competência Geral 2**.

Instigue os estudantes a refletir sobre a espontaneidade do processo de corrosão de alguns metais, relacionado-a com as substâncias a que o material está exposto. Mencione que a tendência de uma reação de oxirredução ocorrer pode ser inferida por meio da comparação entre os valores de potencial-padrão de redução (E°_{red}) das espécies químicas presentes no meio. Apresente a tabela com os valores de potenciais-padrão de redução encontrada neste Volume, no final do Livro do estudante, e explique como esses valores são obtidos, esquematizado na **figura 5.4** do Livro do estudante. Deixe claro que esses valores foram obtidos nas condições-padrão, nas quais as soluções apresentam concentração em quantidade de matéria igual a 1,0 mol L^{-1} e os gases estão à pressão de 1 bar, e à temperatura de 298,15 K. Demonstre a diferença do cálculo de uma reação de oxirredução que ocorre em condições-padrão em relação a condições não padrão utilizando a equação de Nernst. Se julgar necessário, faça uma revisão com os estudantes sobre as propriedades dos logaritmos e das potências antes de iniciar esse tópico. Para a demonstração desses cálculos, utilize os exemplos do Livro do estudante.

Enfatize que com base nos potenciais-padrão de redução é possível calcular o potencial-padrão de uma reação química e, assim, prever se ela é espontânea ou não. O valor calculado é denominado diferença de potencial elétrico (ddp). Comente que a ddp também é chamada de tensão elétrica. Use o exemplo da oxidação do ferro, no tópico **Como avaliar a tendência de a corrosão ocorrer?**, no Livro do estudante para desenvolver essa parte. Essa discussão promove elementos das habilidades **EM13CNT107** e **EM13CNT307**, por tratar de aspectos qualitativos e quantitativos de processos de transformação e condução de energia envolvidos em pilhas, além de tratar do uso da propriedade de materiais em diferentes aplicações.

Para abordar o tópico **Proteção contra corrosão**, mencione que a corrosão do ferro pode ser destrutiva a ponto de causar desastres. Pode ser citado o caso da aeronave da Aloha Airlines que, em 28 de abril de 1988, estava voando a uma altitude de 7.300 m quando uma grande parte da fuselagem superior descolou. Esse acidente foi causado por danos por corrosão não detectados. Por motivos como esse, destaque que muito esforço é realizado na prevenção da corrosão, ou seja, há várias pesquisas empenhadas em desenvolver métodos de baixo custo para evitá-la. Você pode citar a pesquisa intitulada "Estudo de proteção contra corrosão em armaduras de aço da construção civil", de Salomão *et al.* (2019) – indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* –, para exemplificar. Destaque que um dos métodos mais simples para evitar a corrosão consiste em pintar um objeto feito de ferro. O revestimento protetor da tinta impede que o ar e a água entrem em contato com o metal. Mencione também que existem outras camadas protetoras eficazes, como: a graxa, o óleo, o plástico ou outro metal mais resistente à corrosão do que o ferro. Um exemplo de proteção metálica consiste no recobrimento de peças metálicas com crômio. Outra forma de recobrimento é a aplicação de esmalte em placas, panelas e frigideiras de metal. Explique que uma camada protetora é eficaz desde que cubra completamente o objeto e seja mantida íntegra, pois, se um buraco ou arranhão romper a camada, o metal abaixo fica exposto e pode ser corroído. Essa discussão possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**, pois traz exemplos de riscos envolvidos em atividades cotidianas relacionados ao fenômeno da corrosão.

Para abordar o tópico **Galvanoplastia e proteção catódica**, sugere-se a leitura do material "Galvanoplastia: orientações para o controle ambiental", indicado no quadro **Fique por dentro**. A leitura desse texto auxilia no desenvolvimento de elementos da habilidade **EM13CNT307**, já que aborda o uso de materiais em diferentes aplicações. Explique que a zincagem é um processo no qual o ferro é coberto com uma camada protetora de zinco. Se essa camada for rompida, o ferro será exposto ao ar e à água e, quando isso acontecer, o ferro ainda estará protegido, pois o zinco é mais facilmente oxidado que o ferro. Portanto, o zinco será o ânodo da célula galvânica, levando à formação de íons Zn^{2+}. Nesse momento, mostre a equação que representa a oxidação do zinco e faça um desenho representando uma placa desse metal sendo corroída. Isso pode ajudar o estudante a entender o fenômeno, tanto de maneira macroscópica quanto de maneira simbólica. Na galvanização, então, o zinco é o ânodo, conhecido como metal de sacrifício; isso porque ele oxida preferencialmente ao ferro, que atua como cátodo. Assim, o ferro não é oxidado enquanto houver zinco para reagir. Mencione que geralmente é utilizado o zinco pelo valor do seu potencial-padrão de redução, mas podem ser utilizados outros metais para essa finalidade protetora.

Ao final dessa etapa, peça aos grupos que resolvam as questões propostas na seção **Atividades**.

EM PRODUÇÃO

Na sequência, proponha aos estudantes que, individualmente, elaborem um resumo relatando suas aprendizagens sobre o Tema 5, utilizando o quadro **Reflita sobre seu aprendizado!** apresentado no Livro do estudante. Peça que destaquem, ainda, o que mais chamou a atenção durante o estudo do Tema e por quê, e quais foram as dificuldades encontradas. Essa estratégia favorece o desenvolvimento das subdimensões metacognição e autoavaliação das **Competências Gerais 1 e 6**, respectivamente. Incentivar o uso do quadro é um convite aos estudantes para a reflexão acerca do próprio desenvolvimento ao longo do estudo.

Atividade complementar

Essa atividade contribui para que os estudantes percebam a ação da corrosão em situações cotidianas, observando a parte macroscópica e representacional de um fenômeno químico e relacionando-a com o que ocorre submicroscopicamente, favorecendo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT301** e **EM13CNT306**, bem como a **Competência Geral 2**.

Corrosão da esponja de aço

As esponjas de aço, quando mantidas alguns dias em cima da pia, podem ficar avermelhadas e apresentar aspecto quebradiço. Porém, elas permanecem intactas por meses dentro da embalagem plástica em que são comercializadas. Como podemos explicar essa diferença? O contato do ferro – presente na esponja de aço – com a água e o oxigênio presentes no ar produz ferrugem. Esse é um exemplo de fenômeno químico que exemplifica o processo de corrosão. No dia a dia é muito comum observarmos esse fenômeno: a lataria avermelhada de um carro, o escurecimento de frutas e legumes e a formação de ferrugem na base de portões devido à urina de cães são apenas alguns exemplos.

Antes de iniciar a atividade, peça à turma que se reúna em grupos, leia todo o procedimento e consulte o infográfico **Segurança no laboratório**, no início do Livro do estudante.

Objetivos

- Compreender como ocorre uma reação de oxirredução e a sua relação com a corrosão de um material.
- Reconhecer a perda de massa de um material ao ser corroído.

Cuidados: segurança e descarte

A atividade utiliza materiais comuns do dia a dia que permitem a realização e o descarte sem riscos. Entretanto, caso haja derramamento do vinagre, evite o contato acidental com a pele.

Material

- Seringa plástica de volume igual ou superior a 10 mL
- Pedaço de esponja de aço para lavar louça
- 2 béqueres ou copos
- Pinça
- Água
- Vinagre comercial

Prepare-se!

1. Pesquise as principais substâncias que compõem o vinagre e a esponja de aço.
2. Elabore hipóteses sobre quais reações podem ocorrer entre os materiais disponíveis para essa prática.

Procedimento

- Coloque o pedaço da esponja de aço em um dos béqueres e, com cuidado, adicione vinagre sobre ela.
- Mantenha a esponja de aço em contato com o vinagre por cerca de um minuto e, com o auxílio da pinça, retire a esponja de aço, de forma que o excesso de vinagre não fique gotejando.
- Introduza a esponja na seringa plástica e feche rapidamente a extremidade superior, utilizando o êmbolo. Não deixe o pedaço da esponja próximo à extremidade inferior para que não haja interferência na medida do volume de água.
- Mergulhe a extremidade inferior da seringa na água contida no béquer ou copo. Essa imersão evita o contato da esponja com o oxigênio do ar além do que já está dentro da seringa.
- Em alguns instantes ocorrerá a entrada da água na seringa e a elevação do seu nível, o que deve cessar em cerca de 20 minutos.

Discuta com seus colegas

1. Compare a sua hipótese inicial elaborada no item 2 do **Prepare-se!** com a dos seus colegas. Quais reações vocês concordam que ocorreram durante a prática?
2. Elaborem um procedimento que permita medir a massa de ferro oxidado durante o processo.

Fonte: JUNIOR, W. E. F.; DOCHI, R. S. Um experimento simples envolvendo oxidação-redução e diferença de pressão com materiais do dia a dia. *Química Nova na Escola*, n. 23, p. 49-51, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a12.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

• Resoluções da atividade complementar

Prepare-se!

1. A esponja de aço é composta principalmente de átomos de ferro e átomos de carbono. O vinagre é uma solução composta principalmente de ácido acético (ácido etanoico, CH_3COOH) e água.
2. Semirreação de oxidação: $Fe(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\ e^-$

   Semirreação de redução:

   $O_2(g) + 2\ H_2O(l) + 4\ e^- \rightleftharpoons 4\ OH^-(aq)$

   Formação do hidróxido de ferro(II):

   $Fe^{2+}(aq) + 2\ OH^-(aq) \longrightarrow Fe(OH)_2(s)$

MODERNA

Reação do hidróxido de ferro(II) com o gás oxigênio:

$$2\ Fe(OH)_2(s) + H_2O(l) + \frac{1}{2}\ O_2(g) \longrightarrow 2\ Fe(OH)_3(s)$$

O hidróxido de ferro(III) é transformado em óxido de ferro(III) hidratado (ferrugem) na presença de água:

$$2\ Fe(OH)_3(s) + (n - 3)\ H_2O(l) \longrightarrow Fe_2O_3 \cdot n\ H_2O(s)$$

Discuta com seus colegas

1. Resposta variável. Os estudantes devem apresentar os pontos em comum entre a sua resposta e a de seus colegas. Além de eventuais reavaliações das hipóteses decorrentes das discussões e da realização do procedimento.
2. A quantidade de ferro metálico oxidada pode ser calculada utilizando a equação geral:

$$4\ Fe(s) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ Fe_2O_3(s)$$

Apesar de o ambiente onde o procedimento foi realizado não se encontrar nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), pode ser utilizado o volume molar de um gás ideal (22,4 L mol^{-1}) para o cálculo. Entretanto, é importante destacar os erros envolvidos nesse cálculo. Com base no volume de água que entrou na seringa, é possível calcular qual foi a quantidade de gás oxigênio consumida na reação, e, por meio da relação estequiométrica, calcula-se a massa de ferro metálico que oxidou.

Tema 6 – O mundo em escala nanométrica

Objetivos de aprendizagem

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

- Conhecer alguns aspectos históricos do desenvolvimento da nanotecnologia.
- Elencar aplicações dos nanomateriais a partir das suas propriedades específicas.
- Associar as características estruturais à mudança de propriedades físico-químicas dos nanomateriais.
- Avaliar os impactos econômicos e socioambientais decorrentes do desenvolvimento da nanotecnologia na produção de energia.
- Avaliar as vantagens e as limitações associadas à aplicação dos nanomateriais.

Subsídios para o planejamento

Este Tema deve ser ministrado pelo professor do componente curricular **Química**. Como estratégia didática, sugerimos o método *Jigsaw* de aprendizagem cooperativa. Essa estratégia favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 4 e 9**, pois os estudantes são conduzidos à construção da autonomia, além de aprenderem a se ajudar mutuamente, incluindo a tomada de consciência quanto à importância do esforço e responsabilidade tanto individuais quanto coletivos para alcançar as metas estabelecidas de estudo, conforme demonstrado na pesquisa de Leite *et al*. (2013) indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Além disso, desenvolvem-se elementos de comunicação e cooperação. Sugerimos que o Tema seja desenvolvido em quatro etapas.

- **1ª etapa**

Para iniciar o estudo, exiba o vídeo "O que é nanotecnologia?" do canal Study Inalberta (2014), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Após a exibição do vídeo, instigue os estudantes com perguntas como: "Vocês já ouviram falar de nanotecnologia antes de assistir a esse vídeo? Em quais lugares?"; "Vocês imaginavam que existiam materiais tão pequenos?". Atente-se às respostas, pois, na pesquisa conduzida por Leite *et al.* (2013), ao responderem à pergunta "O que é nanotecnologia?", os estudantes majoritariamente parafrasearam o material didático que apresentava a resposta, sem refletir sobre o significado da palavra. Comente que muitos livros e artigos científicos definem os nanomateriais como aqueles que apresentam dimensões compreendidas entre 1nm e 100 nm, ou seja, encontram-se dentro de uma faixa específica. No entanto, especifique que isso não é absoluto, visto que existem materiais com outras dimensões que podem ser classificados como nanomateriais. Exemplo disso são as nanoesferas de sílica (SiO_2), com diâmetro próximo de 200 nm e que apresentam propriedades diferentes de materiais com composição idêntica na escala macroscópica e, por isso, são classificadas como nanomateriais. Ressalte que, para a comunidade científica, um material pode ser considerado nanomaterial se apresentar ao menos uma das suas dimensões em escala nanométrica com valor abaixo do tamanho crítico, ou seja, tamanho em que uma ou mais propriedades (óptica, elétrica, magnética, catalítica, entre outras) são diferentes daquelas apresentadas por estruturas de mesma composição química, mas de maior tamanho. Por exemplo, determinados metais condutores de eletricidade podem se tornar isolantes quando em dimensões nanométricas; certas substâncias magnéticas deixam de se comportar como um ímã quando estão na forma de nanomateriais; alguns compostos pouco reativos podem apresentar alta reatividade ao serem transformados em nanopartículas; a atividade catalítica de alguns materiais pode aumentar significativamente quando suas dimensões se tornam nanométricas. Essa discussão promove o desenvolvimento de elementos das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**, já que permite a reflexão das propriedades de diversos nanomateriais que podem ser aplicados em diferentes contextos. Nesse momento pode ser realizada a *Atividade complementar* indicada adiante, pois ela propõe a constatação, com base em um experimento simples, da diferença que nanopartículas exercem na propriedade de espalhamento de luz, desenvolvendo as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT307**.

Ao abordar o tópico **Breve histórico dos nanomateriais**, explore com os estudantes o objeto romano denominado Cálice de Licurgo, disposto na **figura 6.2**. Além de evidenciar o uso de nanopartículas na composição de materiais desde tempos remotos, ao abordar aspectos da cultura romana antiga por meio da análise de objetos, favorece-se o desenvolvimento da

MODERNA

Competência Geral 3. Aproveite e comente sobre a solução aquosa obtida por Michael Faraday e destaque que o tipo de nanomaterial mais comumente desenvolvido são as nanopartículas, em razão da sua facilidade de síntese, diversidade e variedade de aplicações. As nanopartículas são sintetizadas principalmente por meio de reações químicas em solventes líquidos, formando soluções coloidais. Deixe claro que a solução preparada por Faraday, embora seja importante, foi somente um dos vários materiais contendo nanoestruturas preparados por cientistas ao longo da história. As nanopartículas podem apresentar formatos variados, podendo ser esféricas, cúbicas etc. Caso considere válido, mencione que outro exemplo de nanomaterial muito estudado atualmente são os nanofilmes – estruturas que apresentam duas dimensões nanométricas, sendo o grafeno um exemplo. Cite o microscópio eletrônico de varredura (MEV) e mostre a **figura 6.4** no Livro do estudante. Comente sobre o funcionamento do MEV, em que a área ou o volume a ser analisado é irradiado por um feixe de elétrons. Como resultado da interação desse feixe de elétrons com a superfície da amostra, novos elétrons são emitidos. Ao serem captados, eles fornecem informações sobre a amostra, como formato, tamanho e topografia da superfície. Essas informações são enviadas a um computador que as transforma em imagem.

Ao abordar o tópico **Estrutura e características dos nanomateriais**, retome o conceito de tamanho crítico e deixe claro que os nanomateriais apresentam ao menos uma dimensão abaixo desse valor. No caso dos nanofios, por exemplo, basta que apenas sua largura seja menor que o tamanho crítico. É importante que os estudantes tenham em mente que materiais de diferentes composições apresentam tamanhos críticos diferenciados. Comente sobre os nanotubos de carbono, que são formados por folhas de grafeno enroladas de maneira que formem uma estrutura cilíndrica com diâmetro próximo de 1 nm. Diga que alguns nanotubos podem ter aplicações na fabricação de fibras de alta resistência. Se considerar viável, apresente o vídeo "SP Pesquisa – Grafeno", da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp) que explica sobre a estrutura do grafeno, suas propriedades e aplicações. Seu acesso está disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Ao falar sobre os processos para a obtenção de nanomateriais, diga que nanopartículas metálicas de prata (NP Ag) e nanopartículas metálicas de ouro (NP Au) podem ser obtidas de reações de oxirredução. Explique que, em geral, as nanopartículas de ouro e prata são sintetizadas por meio de reações químicas, utilizando reagentes contendo íons dos elementos químicos Au e Ag em sua composição e um agente redutor forte perante os íons metálicos de ouro e prata, podendo ser um sal, um ácido orgânico, um aldeído, um álcool, entre outras substâncias. Destaque que há uma relação entre a morfologia, o tamanho e a cinética de reação e parâmetros como solvente, concentrações dos reagentes, temperatura e pH.

Cite o uso de nanomateriais como catalisadores em células a combustível; caso considere necessário, mencione que a principal diferença entre uma célula a combustível e uma bateria é que a segunda armazena energia na forma de reagentes químicos, e, quando esses reagentes são consumidos totalmente, a bateria para de funcionar. A célula a combustível, por outro lado, é um dispositivo que converte energia de acordo com a quantidade de combustível fornecida. Aborde o uso de nanopartículas de platina em catalisadores, que possibilita maior área superficial do catalisador quando comparado ao uso de estruturas macroscópicas; consequentemente, o número de interações entre os reagentes e o catalisador será maior, deixando o processo mais eficiente. Essa discussão permite o desenvolvimento de elementos da habilidade **EM13CNT106**, visto que aborda possíveis soluções para demandas que envolvem o consumo de energia. Deixe claro que a atividade antimicrobiana das nanopartículas de prata pode ser influenciada por diversos fatores, como tamanho, forma, estrutura e características da superfície. No entanto, não está claro se o mecanismo de ação antimicrobiana desses nanomateriais está relacionado apenas com a liberação de íons Ag^+ ou se as próprias nanopartículas apresentam uma toxicidade específica. Vários trabalhos têm sido realizados para esclarecer essa questão, que ainda é um desafio para os cientistas. Essa discussão permite a mobilização da habilidade **EM13CNT307**. Ao comentar sobre nanomateriais na Medicina, cite as nanopartículas magnéticas de ferrita, que podem ser aplicadas como agentes de contraste em ressonância magnética, e explique que os agentes de contraste permitem a obtenção de imagens de alta definição dos órgãos internos.

Ressalte que a nanotecnologia é responsável pela produção e manipulação de dispositivos e sistemas contendo nanomateriais; e, por ser uma Ciência multidisciplinar, ela está presente em diversos ramos da indústria e de serviços, possibilitando inovações e impactos positivos na saúde e no ambiente. Como se trata de uma área tecnológica recente e em constante desenvolvimento, um dos desafios presentes é o estudo dos seus impactos e de metodologias que visam reduzir ou até mesmo eliminar as consequências negativas dos nanomateriais no ambiente. O artigo de Batista (2014) intitulado "Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos" pode auxiliar na discussão dessas questões, e sua referência completa está disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Essa discussão permite o desenvolvimento de elementos das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**, já que leva à reflexão sobre os riscos e benefícios envolvidos no uso de nanomateriais no cotidiano.

Finalize esta etapa comentando que cientistas desta área foram para além das pesquisas sobre inovações tecnológicas, na Medicina e na indústria. Eles perceberam que as imagens de partículas de materias em nanoescala, obtidas em microscópios eletrônicos de alta resolução, ao serem coloridas e retratadas com um toque artístico, se transformavam em verdadeiras obras de arte. Surgiu-se, então, um movimento artístico recente que une arte, técnica e Ciência. No Brasil, pesquisadores do Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC) e do Instituto Nacional de Ciência dos Materiais em Nanotecnologia (INCTMN) criaram o Projeto Nanoarte e, tanto pesquisadores como artistas plásticos vêm produzindo imagens que são frequentemente apresentadas em exposições artísticas e concursos de fotografias nacionais e internacionais. Se julgar interessante, mostre ou indique o *site* do CDMF (Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais), disponível na seção *Apoio ao trabalho*

ORIENTAÇÕES

pedagógico, para que os estudantes conheçam algumas das obras de Nanoarte, possibilitando assim o desenvolvimento da **Competência Geral 3**.

- **2ª etapa**

Inicie essa etapa apresentando a seguinte pergunta investigativa: "Quais impactos a nanotecnologia traz para a sociedade?". Peça aos estudantes que se organizem em grupos de quatro integrantes, que serão chamados grupos de base. Essa divisão favorecerá a subdimensão colaboração da **Competência Geral 9**, pois os estudantes terão de dialogar, resolver conflitos e cooperar, colaborando para aprender juntos. É interessante que os grupos sejam diversos em termos de gênero, etnia, raça e habilidades. Eles devem discutir a pergunta, de acordo com os conceitos prévios de cada um, registrando as hipóteses apresentadas, para que depois sejam comparadas com o novo conhecimento, desenvolvido ao longo deste Tema. Sugira a leitura do artigo "A nanotecnologia das moléculas" indicado no quadro **Fique por dentro**, que além de complementar o conteúdo abordado, permite a mobilização da habilidade **EM13CNT303**, pois levará o estudante a interpretar um texto de divulgação científica que trata de uma temática das Ciências da Natureza.

Disponibilize um tempo para que os grupos leiam sobre o assunto e se familiarizarem com ele: sugira que tomem notas; que marquem definições, características importantes das nanopartículas, contribuições históricas importantes, relações entre propriedade, aplicação e estrutura; e que procurem discutir com os colegas o que não compreenderam.

- **3ª etapa**

Nessa etapa, cada integrante dos grupos de base receberá um número e um tópico de estudo associado. Os estudantes com o mesmo número devem se reunir, formando um novo grupo que será chamado de grupo de especialistas, que deverão realizar as seguintes tarefas:

1. Produção de síntese dos tópicos.
2. Elaboração de esquema ou mapa mental sobre os tópicos e quais os conceitos químicos envolvidos.
3. Anotações individuais sobre as informações que considerarem relevantes e necessárias para, posteriormente, compartilhar com os grupos de base.

Informe aos grupos que o Livro do estudante e o artigo "A nanotecnologia das moléculas" são os materiais principais de consulta; no entanto, eles devem pesquisar os conceitos em plataformas confiáveis, como *Scielo*, *Portal Capes* e *Google Acadêmico*. Essa ação mobiliza as subdimensões busca da informação e utilização de ferramentas digitais das **Competências Gerais 1 e 5**, respectivamente. Também favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303** e da **Competência Geral 7**, visto que os estudantes são conduzidos a interpretar dados dispostos nos diferentes textos para construir uma síntese coerente e baseada em fontes confiáveis.

A seguir são colocados para cada grupo de especialista os tópicos, com suas temáticas, os conteúdos e algumas orientações sobre como eles podem ser desenvolvidos, além de alguns exemplos que podem ilustrar ou favorecer o entendimento.

- Grupo de especialistas 1

Os estudantes desse grupo deverão estudar o tópico **Estrutura e características dos nanomateriais**. É importante que definam alguns aspectos, como: conceito de tamanho crítico, nanofios, folhas de grafeno, nanotubos de carbono e área superficial. Nesse momento mobilizam-se as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**, visto que os estudantes são levados a associar as características estruturais à mudança de propriedades físico-químicas dos nanomateriais.

- Grupo de especialistas 2

Os estudantes desse grupo devem estudar o tópico **Processo para obtenção dos nanomateriais**, para compreender que nanopartículas metálicas de prata (NP Ag) e nanopartículas metálicas de ouro (NP Au) podem ser obtidas de reações de oxirredução; a relação entre a morfologia, o tamanho e a cinética de reação e parâmetros como solvente, concentrações dos reagentes, temperatura e valor de pH; que a cada escolha de reagentes, solventes, catalisadores, pH, pressão e temperatura, novos nanomateriais com composição, tamanho e formato diferentes podem ser produzidos. Nesse momento, mobiliza-se a habilidade **EM13CNT101**, uma vez que os estudantes passam a entender os dois tipos de procedimento para a obtenção de nanopartículas que envolvem reações químicas.

- Grupo de especialistas 3

Os estudantes deste grupo deverão estudar o tópico **Aplicações dos nanomateriais** para compreender quais são as aplicações de nanopartículas magnéticas, de nanocatalisadores, de nanopartículas antimicrobianas e de nanomateriais na Medicina. Nesse momento desenvolve-se a habilidade **EM13CNT307**, ao se propor que o estudante entenda as diferentes possibilidades de aplicação de nanomateriais com base em propriedades específicas.

- Grupo de especialistas 4

Nesse grupo, os estudantes vão estudar três tópicos: **A ordem de grandeza nano**, **Breve histórico dos nanomateriais** e **Vantagens e atuais desafios da nanotecnologia**. Pretende-se que eles compreendam: definição de nanoescala; experimento de Faraday; uso do microscópio eletrônico de varredura (MEV); impactos da nanotecnologia na saúde e no ambiente e a posição da nanotecnologia como uma área tecnológica recente e em constante desenvolvimento. Nesse momento, os estudantes passam a conhecer alguns aspectos históricos do surgimento e evolução da nanotecnologia, desenvolvendo a **Competência Geral 1** e as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**, ao avaliarem as vantagens e as limitações associados à aplicação dos nanomateriais.

Durante o estudo do grupo de especialistas, sua atuação como mediador é fundamental para sustentar a aprendizagem dos estudantes. Então, circule entre os grupos, verificando e sanando possíveis dúvidas, orientando os caminhos que estão sendo tomados, as fontes de pesquisa e as informações

MODERNA

coletadas, e instruindo-os sobre como elaborar uma síntese que, de fato, demonstre os processos de pesquisa. Dê aos estudantes tempo para discutir com seu novo grupo os principais pontos dos tópicos e o desenvolvimento das tarefas solicitadas. Instigue-os a discutir trechos específicos do texto "A nanotecnologia das moléculas", que podem ser relacionados ao tópico designado ao grupo.

- **4ª etapa**

Nessa etapa, os estudantes retornam ao seu grupo de origem, os grupos de base, para compartilhar as aprendizagens e conclusões sobre o tópico estudado. Incentive os estudantes a fazer questionamentos para eventuais esclarecimentos. Ainda nesse momento, cada grupo de base deve elaborar uma conclusão acerca da questão investigativa: "Quais impactos a nanotecnologia traz para a sociedade?". A conclusão deve ser apresentada para toda a turma, por meio de um mapa conceitual (de preferência digital), a fim de agregar as contribuições dos especialistas e contemplar o entendimento conjunto dos grupos de base. Fique atento para dirimir as possíveis dúvidas, principalmente sobre os conceitos estudados no Tema, procurando, sempre que possível, incentivá-los a refletir sobre o que estão questionando e aprendendo. Para verificar a aprendizagem dos estudantes, peça que, ainda nos grupos de base, resolvam as questões propostas na seção **Atividades**. Ao final da resolução, proponha uma correção coletiva dos exercícios, verificando se os conceitos foram compreendidos, e, se não foram, retome pontos que considerar importantes.

Finalize o Tema incentivando os estudantes a refletir sobre a questão do quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, favorecendo o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

- **Atividade complementar**

Com o objetivo de demonstrar as mudanças de propriedades de materiais nanométricos, sugerimos uma atividade relacionada ao fenômeno de espalhamento de luz em dispersões coloidais. Essa atividade proporciona o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT307**, visto que permite elaborar hipóteses e previsões sobre um experimento para posterior construção de conhecimento com base em uma perspectiva científica, além de analisar as propriedades de uma classe de materiais, no caso os coloides, para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações.

Dispersões coloidais

Dispersões coloidais, ou coloides, são misturas heterogêneas nas quais o disperso apresenta dimensões nanométricas. Há inúmeros exemplos de dispersões coloidais no cotidiano, como o leite, a pasta de dente e o sangue. As propriedades de dispersões coloidais diferem-se daquelas de soluções – nas quais o disperso está totalmente dissolvido no dispersante – e de suspensões – nas quais o disperso apresenta dimensões maiores do que as nanométricas.

Uma dessas diferenças é observada ao se incidir um feixe de luz em uma dispersão coloidal, pois a luz passa por intenso espalhamento, iluminando uma grande área. O nome desse fenômeno é efeito Tyndall. Nessa atividade, vamos observar a ocorrência do efeito Tyndall em dispersões coloidais.

Antes de iniciar a atividade, peça à turma que se reúna em grupos, leia todo o procedimento e consulte o infográfico **Segurança no laboratório**, no início do Livro do estudante.

Objetivos

- Verificar as diferenças na trajetória de um feixe de luz em soluções, dispersões coloidais e suspensões.
- Observar a ocorrência do efeito Tyndall.
- Compreender a influência que o tamanho de partículas exerce no fenômeno de dispersão de luz.

Cuidados: segurança e descarte

Nessa atividade, serão usados materiais comumente presentes na culinária, como o sal de cozinha, a gelatina sem sabor e o amido de milho. Mesmo sendo materiais inofensivos, os estudantes não devem ingeri-los durante ou após a prática, pois podem ser contaminados por eventuais resíduos na vidraria de laboratório usada. Também será usado um apontador *laser*, que produz um fino e intenso feixe de luz vermelha. O feixe não deve ser direcionado a pessoas, especialmente para a região dos olhos, pois pode causar danos graves à visão.

Todos os materiais usados podem ser descartados na pia ou no lixo sem riscos à saúde ou ao ambiente.

Material

- Água (se possível, destilada)
- Sal de cozinha
- Pó de gelatina sem sabor
- Amido de milho
- Béquer ou copo de cerca de 200 mL
- Apontador *laser* de luz vermelha
- Cartolina preta
- Bastão de vidro
- Colher de sopa

Prepare-se!

1. Pesquise os principais componentes do sal de cozinha, da gelatina em pó e do amido de milho.
2. Com base nesses componentes, elabore hipóteses para em quais deles se forma uma solução, uma dispersão coloidal e uma suspensão.

Procedimento

- Adicione água ao béquer até quase completá-lo.
- Repouse o béquer em uma superfície plana e posicione a cartolina preta na vertical e a cerca de 30 cm do béquer.
- Caso a sala em que a prática estiver sendo feita esteja muito clara, diminua a intensidade da luz, fechando as cortinas ou desligando as lâmpadas.

MODERNA

- Com o apontador *laser*, incida um feixe de luz no béquer de modo que o atravesse na horizontal e alcance a cartolina preta.
- Anote o que se observa em relação ao comportamento e incidência de luz tanto no interior do béquer quanto na cartolina preta.
- Adicione duas colheres de sal de cozinha à água e agite a mistura com o bastão de vidro.
- Repita o procedimento de incidência do feixe de luz e análise do seu comportamento no béquer e na cartolina.
- Descarte a mistura de água com sal de cozinha.
- Adicione mais água ao béquer, e então adicione duas colheres de pó de gelatina e misture com o bastão de vidro. Repita o procedimento de incidência do feixe de luz e de anotação das observações.
- Descarte a mistura e repita o procedimento adicionando duas colheres de amido de milho à água.

Discuta com seus colegas

1. Quais foram as diferenças observadas no comportamento do feixe de luz no béquer e na cartolina para cada uma das quatro situações: água pura, água com sal de cozinha, água com pó de gelatina e água com amido de milho?
2. Elabore uma explicação para o que foi observado em cada situação.
3. Nas estradas, placas costumam alertar os motoristas a ligarem os faróis de seus automóveis caso haja neblina. Como o fenômeno observado nesse experimento explica a importância dessa orientação nas estradas?

Fonte: TOMA, H. E.; SILVA, D. G.; CONDOMIOTTI, U. *Nanotecnologia experimental*. São Paulo: Blucher, 2016. p. 168.

• Resolução da atividade complementar

Prepare-se!

1. O sal de cozinha é composto principalmente de cloreto de sódio (NaCl); a gelatina em pó, de oligo e polipeptídios derivados do colágeno, uma proteína; o amido de milho, de amilopectina e amilose, que são cadeias poliméricas de glicose.
2. O NaCl, principal componente do sal de cozinha, é um composto iônico e altamente polar, sendo completamente dissolvido na água; a amilopectina e a amilose são cadeias poliméricas muito grandes, com baixa solubilidade em água; já os polipeptídios são estruturas parcialmente polares e de média massa molar, apresentando-se em tamanho nanométrico, formando, assim, uma dispersão coloidal quando misturados à água.

Discuta com seus colegas

1. Água pura: feixe não visível no béquer e incidência observada na cartolina.

   Água com sal de cozinha: feixe não visível no béquer e incidência observada na cartolina.

   Água com pó de gelatina: feixe visível no béquer e incidência observada na cartolina;

   Água com amido de milho: feixe não visível no béquer e incidência não observada na cartolina.
2. Água e água com sal de cozinha: como não há material sólido no seio da solução, não há qualquer material que desvie ou absorva a luz (além das paredes do béquer) até sua chegada à cartolina, onde a incidência é observada.

   Água com pó de gelatina: como o pó de gelatina é composto de partículas nanométricas, elas ocasionam o efeito Tyndall, causando forte espalhamento da luz e permitindo observar-se a trajetória do feixe na mistura. Além disso, as partículas são pequenas o suficiente para permitir que o feixe atravesse a mistura e atinja a cartolina.

   Água com amido de milho: as partículas de amilopectina e amilose são grandes o suficiente para impedir a passagem da luz, retendo-a logo na superfície do béquer. Assim, o feixe não atravessa a mistura nem alcança a cartolina.
3. A neblina é composta de partículas líquidas de água em escala nanométrica dispersas na atmosfera, formando, portanto, uma dispersão coloidal. Os faróis de carro são feixes intensos de luz que, ao atingirem a neblina, ocasionam o efeito Tyndall, iluminando o caminho percorrido por eles, facilitando a visualização do motorista.

Reflexões sobre a ciência

Objetivos de aprendizagem

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

- Utilizar múltiplas estratégias para a realização de leitura coletiva.
- Identificar a desigualdade de gênero e de raça entre os profissionais da Ciência com base em dados e fatos.
- Compreender as circunstâncias históricas, sociais e culturais que levaram a menor representatividade feminina negra na Ciência contemporânea.
- Criticar situações históricas relacionadas ao preconceito alicerçado pelas ideias do darwinismo social e da eugenia.
- Compreender a importância da representatividade em diversos contextos para a formação da identidade.
- Elaborar proposta que contribua para a solução de problemas relacionados às desigualdades raciais e de gênero no âmbito da Ciência.

Subsídios para o planejamento

Essa seção poderá ser conduzida pelo professor de **Biologia**, **Física** ou **Química**. Se possível, estabeleça uma parceria com o professor do componente curricular **Língua Portuguesa** para realizar um planejamento, em conjunto, que envolva estratégias de leitura. Além disso, o planejamento com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas é fundamental para o desenvolvimento das habilidades **EM13CHS102**, **EM13CHS502** e **EM13CHS601**.

Solicite aos estudantes que, individualmente, leiam o título do texto da seção, reflitam sobre a questão e registrem

MODERNA

suas respostas no caderno. Com base na leitura do título, pergunte sobre suas expectativas relacionadas ao texto, perguntando que informações esperam encontrar. Questione, também, o que sabem a respeito de representatividade. Esse procedimento auxiliará na compreensão da relação prévia dos estudantes com o que será discutido no texto, possibilitando auxiliá-los na construção de um significado apropriado a respeito, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13LP28**. Na sequência, promova uma breve discussão com base nas respostas apresentadas por eles.

Peça aos estudantes que realizem a leitura em voz alta e de modo alternado. Sugere-se a disposição das carteiras e cadeiras em semicírculo, pois permite uma melhor discussão do tema, enriquecendo o diálogo, uma vez que todos ficam em posição de igualdade. Durante a leitura, faça interrupções para que, com o auxílio dos estudantes, os dados percentuais apresentados no texto sejam anotados ou representados em forma de gráficos no quadro, de modo que todos possam visualizar sem dificuldade, para posteriormente ajudar na discussão sobre o texto. Essa estratégia de leitura coletiva aprofundará o trabalho com a habilidade **EM13LP28**.

Finalizada essa etapa, promova uma conversa com toda a turma sobre a compreensão do texto – qual era a intenção do autor ao escrevê-lo e se o texto correspondeu às expectativas iniciais. Peça aos estudantes que analisem os gráficos/dados e discutam sobre quais gêneros e raça/cor aparecem como maioria no cenário científico nacional e mundial e na sequência respondam à questão 1.

Com base nisso, promova uma discussão sobre quais fatores podem ter contribuído para o quantitativo apresentado. Ouça as respostas. Fique atento para demonstrações de preconceito ou ideias discriminatórias e demonstre um posicionamento crítico para mediar as discussões no sentido de construir valores de respeito com todas as pessoas, promovendo reflexões amigáveis.

Esse processo de discussão favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 7**, uma vez que permite a elaboração de argumentos com base em fatos, dados e informações. Deve-se, então, garantir a participação da maioria dos estudantes, verificando a clareza e a coerência de suas afirmações.

Na sequência, pergunte aos estudantes quais circunstâncias históricas, sociais, culturais e políticas podem ter contribuído para a menor representatividade feminina negra na Ciência. Esse procedimento mobilizará a habilidade **EM13CHS102**, que está ligada à **Competência Geral 1**, demonstrando que situações contemporâneas estão, muitas vezes, alicerçadas em fatos anteriores, ressaltando que o conhecimento da história não nos serve apenas para saber sobre fatos passados e distantes de nossa realidade, mas se ocupa de muitas questões sociais atuais que permeiam heranças históricas.

Conduza a discussão abordando as seguintes questões:

- No Brasil, durante os 350 anos de escravidão, a população negra teve o direito à educação negado, e no período pós-abolição também não houve nenhuma política pública nem dispositivos que amparassem essa população para a sua inclusão na sociedade.
- A segregação racial, durante muito tempo, impossibilitou que as pessoas negras pudessem frequentar os mesmos lugares que as brancas, não tendo assim o mesmo direito à educação.
- A contribuição histórica dos discursos racistas travestidos de cientificidade, como o "racismo científico e o darwinismo social" – sobre o darwinismo social, teorias racialistas e racismo, podem-se trazer esses conceitos para embasar as discussões dos estudantes. Se julgar necessário, utilize os conceitos do "Dicionário de conceitos históricos" (SILVA & SILVA, 2009), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Para aprofundar seus conhecimentos a respeito das teorias racistas, pode-se consultar o artigo de Bolsanello (1996) indicado na mesma seção.
- Os dois tipos de discriminação (uma por serem mulheres e outra por serem negras) sofridos por essas mulheres em uma sociedade sexista e racista serviram de obstáculo no mercado de trabalho, no acesso à educação e, consequentemente, no exercício da Ciência.
- O estereótipo de gênero e visões de que há "profissões femininas", que acabam desestimulando o interesse das mulheres por algumas profissões.

A discussão desses tópicos favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT305** e **EM13CHS601**, que estão diretamente relacionadas à **Competência Geral 10**, uma vez que buscam entender quais processos resultaram em desigualdades sociais e que efeitos elas têm. A habilidade **EM13CNT305** será mobilizada ao tratar sobre assuntos de desigualdade de gênero e raça, construindo um espaço de diálogo que possibilita a crítica ao uso indevido dos conhecimentos científicos, como as ideias do darwinismo social, que agravaram ainda mais a desigualdade e as diferentes formas de preconceito. A habilidade **EM13CHS601**, por sua vez, será trabalhada ao analisar as origens históricas que promoveram a exclusão ou inclusão precária da população negra na sociedade atual – se julgar necessário, assista ao vídeo de Medeiros (2016), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, para compreender os processos históricos que contribuíram para a desigualdade racial contemporânea.

Em seguida, pergunte aos estudantes se acham que esses fatores impediram que as mulheres negras fizessem Ciência ao longo da história. Dentro dessa discussão, recomende aos estudantes o filme "Estrelas além do tempo", citado no Livro do estudante. Comente sobre o título original, "Hidden Figures" (Figuras escondidas), que expressa o fato de que poucas pessoas tiveram conhecimento de que mulheres negras trabalharam tão ativamente para a conquista espacial. Comente também como o filme retrata que, nesse processo histórico, algumas mulheres negras que puderam fazer Ciência tiveram suas participações apagadas dos documentos e registros históricos. Para entender melhor a narrativa do filme e outras questões que podem ser abordadas, consulte o material de Bernardo (2018) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Em um segundo momento, promova uma discussão acerca do estereótipo dos cientistas propagado em diversos meios.

EM MODERNA

Pergunte aos estudantes se costumam ver mulheres negras como cientistas na grande mídia, em novelas, comerciais de televisão, filmes e séries. Ao fazer tal questionamento, busca-se nortear o olhar crítico dos estudantes, propondo um momento de reflexão e de desconstrução de algumas situações que podem, por vezes, passar despercebidas dos olhares menos atentos. Busque apoio nos dados apresentados no texto para reforçar a ideia de que o estereótipo de cientista muitas vezes propagado na mídia não condiz com a diversidade do meio científico. Incentive uma discussão acerca da importância da representatividade na construção da identidade do indivíduo. Conduza a conversa de modo que os estudantes percebam o quanto o fato de mulheres negras exercerem determinado papel na sociedade (nesse caso, enquanto cientistas) inspira outras mulheres negras, que, com base nessa representação, entendem que podem ocupar esses espaços no exercício dessa profissão. Essa discussão favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 8**, abordando a questão de identidade e reconhecimento, lembrando que o autoconhecimento também ocorre levando em conta o que é diferente.

É esperado que nesse contexto os estudantes "desnaturalizem" o ambiente científico como um local típico de homens brancos, reconstruindo esse cenário para outro ambiente que seria o ideal, ou seja, de equidade, composto de todas as raças e gêneros proporcionalmente à composição da população, mobilizando assim a habilidade **EM13CHS502**.

Questione os estudantes sobre o que já vem sendo modificado e o que ainda pode ser feito na sociedade para que a mulher negra alcance de fato igualdade de direitos e tenha uma participação mais justa na profissão de cientista. Conduza a discussão para que haja a mobilização da habilidade **EM13CHS601**, trazendo as políticas redistributivas, ações afirmativas e políticas de cotas como ações reparadoras dos danos provocados aos afrodescendentes pelos processos de organização do território brasileiro. Além disso, espera-se que surjam sugestões, como programas que incentivem à carreira de cientistas e, como citado no texto, políticas públicas que possibilitem a todas as pessoas uma educação básica de qualidade, além de dispositivos que permitam a permanência das minorias nos diferentes níveis da educação, visto que, em muitos casos, suas condições sociais as forçam a parar de estudar para trabalhar ou ajudar a família.

Após a discussão, conduza os estudantes, em grupos, para a resolução da questão 2, seguido do compartilhamento das respostas. Depois, recomende aos estudantes o filme que conta a história real de William Kamkwamba, "O menino que descobriu o vento". Contextualize-os acerca da narrativa, que conta a história de um jovem que, ao observar sua comunidade ser tomada pela fome, resultante da escassez de grãos e do racionamento imposto pelo governo, busca alternativas, usando sua curiosidade científica, para que seja possível um plantio durante o período da seca. William encontra, por meio de pesquisas em revistas e livros da biblioteca da escola, a possibilidade de criar um moinho de vento para gerar energia para uma bomba de água, visto que em sua comunidade só se tem acesso à energia através de pilhas portáteis de uso doméstico.

Com base nessa narrativa, é possível discutir a possibilidade de qualquer pessoa fazer Ciência, sendo para isso necessário o acesso a um conhecimento teórico, construído desde a educação básica, até conhecimentos mais avançados dentro das especificidades de cada área de conhecimento. É interessante também discutir acerca da necessidade de recursos para a execução de alguns projetos, dificuldade mostrada na narrativa que aparecem nos mais diversos projetos científicos. Baseando-se nessa referência, é possível aproximar os estudantes de características que rodeiam a profissão de cientista, contribuindo para o desenvolvimento da **Competência Geral 6**.

Com o objetivo de ampliar a reflexão sobre a temática e incentivar o protagonismo juvenil, peça que, ainda em grupos, respondam à questão 3. Incentive-os a conhecer a trajetória profissional das mulheres (negras e outras), as linhas de pesquisa e os casos de premiações.

Caso considere interessante, sugira aos grupos que elaborem uma proposta que contribua para a solução de problemas relacionados às desigualdades raciais e de gênero no âmbito da Ciência. Cada grupo deve criar uma proposta, sintetizada em um pequeno texto que deverá ser apresentado à turma. Reforce com os estudantes que essa proposta deve ser exequível, ou seja, possível de ser colocada em prática. A resolução da questão e a elaboração da proposta promovem o aprimoramento das **Competências Gerais 1, 7, 9 e 10**, uma vez que, será necessário o exercício de empatia, diálogo e realização das atividades em colaboração e com responsabilidade, levando em consideração fatos, dados e informações confiáveis. Além disso, aprimora o trabalho com a **Competência Geral 6**, pois aproxima os estudantes das características que rodeiam a profissão do cientista ao pesquisarem a respeito dos trabalhos científicos desenvolvidos pelas mulheres negras e outras mulheres.

Pensamento crítico e argumentação

Objetivos de aprendizagem

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

- Valorizar os conhecimentos científicos historicamente construídos para elaborar posicionamentos de forma autônoma e com base em princípios éticos, solidários e que considerem consequências para a coletividade.
- Recorrer à abordagem científica para avaliar criticamente informações e argumentos para a tomada de decisões éticas e a criação de soluções em questões de natureza sociocientífica.
- Usar argumentos científicos como forma de persuasão durante um debate agindo de maneira respeitosa e reconhecendo a diversidade de posicionamentos.
- Reconhecer e usar regras sociais do debate, usando argumentos e linguagem científica com empatia e respeito.

EM MODERNA

- Ler e interpretar textos de divulgação científica sobre a produção de híbridos, considerando o discurso textual e a consistência das informações científicas.
- Analisar discursos e textos argumentativos, para identificar e avaliar posicionamentos em questões de natureza científica que mobilizam conceitos bioéticos.
- Identificar o uso indevido dos conhecimentos científicos para justificar processos considerados antiéticos.
- Planejar e concretizar a elaboração de um texto argumentativo e sintetizar informações a fim de produzir um texto autoral baseado em informações científicas.

Subsídios para o planejamento

Por possuir um enfoque em temas que perpassam as Ciências Biológicas, como a Genética, a Fisiologia e a Bioética, a unidade poderá ser conduzida com mais facilidade por professores do componente curricular **Biologia**. Entretanto, as várias sugestões de diálogos com outras disciplinas e os textos no Livro do estudante e os indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* fornecem elementos para que professores de outras disciplinas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias possam abordar o tema suficientemente. O trabalho com a temática do debate permite um planejamento em conjunto com professores da área de **Língua Portuguesa** e Linguagens e suas Tecnologias.

Inicie o trabalho com a seção organizando os estudantes em duplas para que reflitam sobre qual é o papel do debate. Para orientar essa conversa, coloque no quadro de giz as seguintes perguntas: "Quais são as situações em que o debate aparece no cotidiano?"; "Como as pessoas reagem diante de um debate?". Após um tempo de trabalho nas duplas, inicie uma discussão com a turma para o compartilhamento das respostas. Durante essa conversa, anote os pontos-chave no quadro de giz e organize as respostas para facilitar o acompanhamento da discussão pelos estudantes. Na sequência, realize a leitura coletiva (na qual cada estudante lê uma sentença) do texto introdutório da seção, anotando no quadro de giz os termos em destaque do texto (debate, discussão formal, discurso argumentativo, resolução e regras pré-acordadas). Antes de iniciar a resolução da primeira questão, converse com a turma sobre essas palavras e como elas são definidas no contexto do texto do Livro do estudante.

Para a resolução da primeira questão, mantenha as duplas de estudantes e combine com a turma o tempo que terão disponível para a realização dessa etapa da atividade. Enquanto eles trabalham em duplas, prepare no quadro de giz uma tabela simples com duas colunas, indicando as ações esperadas e as que devem ser evitadas em um debate. Sugira que utilizem o texto inicial da seção e se atentem às palavras em destaque que foram discutidas para pontuar as atitudes adequadas para um debate. Durante a discussão das respostas, peça que compartilhem as impressões e os entendimentos que tiveram de cada um dos itens, tendo em mente que a questão visa ajudar os estudantes a refletir e discutir os limites e as possibilidades de um debate, com base no texto introdutório e também em suas preconcepções de debate. As discussões e reflexões possibilitadas pela questão permitem a mobilização das **Competências Gerais 4 e 9**, que trabalha a empatia e o diálogo na resolução de conflitos de interesse coletivo, no momento em que cada estudante expressa suas ideias.

Após a discussão da primeira questão, siga com uma leitura coletiva do texto seguinte, certificando-se de que a turma compreendeu as diferenças apontadas entre argumentos fortes e fracos, conforme as definições presentes no material do estudante. Na sequência, explique o que deve ser feito na segunda questão e dê um tempo para que realizem a leitura individual do texto. Ao discutir as respostas, procure favorecer a participação da turma pedindo a diferentes estudantes que compartilhem oralmente as respostas dadas. Ao longo da resolução da questão o trabalho com as habilidades **EM13CNT303**, **EM13LGG101** e **EM13LP05** poderá ser favorecido, pois é um momento de interpretação de texto de divulgação científica em que os estudantes analisam a consistência dos argumentos apresentados, colaborando para a análise do processo de produção e de circulação dos discursos. Para auxiliar na discussão de ideias relativas à argumentação científica nas aulas de Ciências, um aprofundamento sobre o tema pode ser obtido no artigo de Sasseron e Carvalho (2014) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Para a terceira questão, organize a turma em grupos e leia o enunciado da questão. Os grupos podem ser formados por quatro ou cinco estudantes, que podem dividir o trabalho entre si segundo os próprios critérios e, depois, compartilhar os resultados das pesquisas com os demais integrantes do grupo. Essa questão é central para que o debate ocorra de forma dinâmica na questão seguinte. Espera-se que os estudantes diversifiquem as fontes de informação (item a) e identifiquem fontes de divulgação confiáveis. A leitura crítica das informações encontradas deverá auxiliar na categorização dos argumentos, com base em critérios previamente discutidos com a turma. Essa questão colabora para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT303** e **EM13LP05**, uma vez que os estudantes terão de interpretar e analisar os diversos textos, considerando a consistência dos argumentos, com a **Competência Geral 7**, quando identificam as limitações na argumentação com base em lacunas nas evidências, bem como as subdimensões busca da informação e aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**.

Caso considere oportuno, os textos de Vasconcelos (2019), Brito (2019), Valenti (2017) e Walsh (2016) indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* podem ser disponibilizados para os estudantes, pois trazem diferentes pontos de vista sobre a temática, podendo enriquecer os trabalhos. Entretanto, esse é um momento oportuno para ajudar os estudantes a realizar pesquisas textuais de forma autônoma, o que favorece o trabalho com a subdimensão utilização de ferramentas digitais da **Competência Geral 5**. A leitura crítica e as ações mobilizadas ao longo dos itens da questão poderão iniciar o

EM OBRA

trabalho com as habilidades **EM13CNT304** e **EM13LP05**, pois eles vão analisar uma situação sobre o uso de células-tronco distinguindo diferentes pontos de vista sobre o tema. Para o seu aprofundamento no tema, além dos textos indicados para os estudantes, o livro de Frias (2012), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode contribuir com as reflexões do campo da Bioética. Os diferentes tipos de argumento presentes nos textos e a necessidade de avaliá-los, selecioná-los e organizá-los poderão favorecer o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT305**, já que os estudantes podem encontrar situações em que o conhecimento científico está sendo usado de forma indevida, além das **Competências Gerais 1 e 10**, ao valorizar o conhecimento histórico já produzido sobre o tema das células-tronco e da bioética para agir com autonomia e tomar decisões com responsabilidade e ética.

Oriente os estudantes a se preparar para o debate com argumentos contrários e favoráveis ao uso das célula-tronco para a produção de híbridos. É importante que eles conheçam os argumentos, independentemente da opinião que construíram sobre o tema ou do grupo de que fazem parte, para que possam contra-argumentar e sustentar seus posicionamentos. Peça a eles que identifiquem os pontos fortes e os pontos fracos de cada posicionamento, pois, assim, terão uma visão geral do assunto e conseguirão desenvolver um bom debate com os colegas. Essa estratégia contribui para o desenvolvimento das subdimensões inferências e confronto de pontos de vistas da **Competência Geral 7**.

Para organizar o debate proposto na quarta questão e refletir sobre as possibilidades dessa estratégia de ensino, sugerimos na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* os trabalhos de Oliveira e Soares (2005), Gomes-Santos (2009) e Altarugio, Diniz e Locatelli (2010), que discutem diferentes aspectos pedagógicos dos debates e trazem sugestões que podem ser adaptadas à realidade da sua sala de aula. Para o andamento do debate, é importante retomar os pontos discutidos na primeira questão, pois eles podem ajudar a turma a empregar as regras sociais do debate. Caso julgue oportuno, antes do debate, pergunte aos estudantes se consideram que é importante estabelecer outras regras para além das que já foram discutidas. Ao longo do debate, incentive os estudantes a exercitar as ações esperadas em um debate e o desenvolvimento de argumentos fortes, organizados de maneira clara e lógica, como foi discutido nas questões 1 e 2. Durante a organização e o decorrer do debate, as **Competências Gerais 2, 4 e 7** são desenvolvidas, pois os estudantes terão de defender seus pontos de vista com argumentos baseados em fatos confiáveis e valorizando a perspectiva científica do tema do debate. Esse também é um momento favorável para aprofundar a habilidade **EM13CNT304**, ao promover um debate estruturado sobre o uso de células-tronco, em que serão discutidos diferentes pontos de vista sobre o tema. Ainda aprofunda a subdimensão aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**.

Com o término do debate, peça a alguns estudantes que compartilhem oralmente suas percepções em uma roda de conversa. Faça perguntas como: "O que vocês gostaram no debate?"; "Como as ideias foram apresentadas?"; "Como os grupos lidaram com a dinâmica de argumentar e contra-argumentar?"; "Quais os pontos sobre a temática dos embriões híbridos que mais chamaram a atenção ao longo do debate?". Questões dessa natureza poderão ajudar os estudantes a organizar as ideias e se preparar para a produção autoral proposta na última questão da seção. Após essa conversa, leia a última questão com a turma e combine com eles como deverá ser a entrega do texto. Um planejamento em conjunto com professores de **Língua Portuguesa** poderá permitir um aprofundamento do trabalho com essa produção textual. A produção individual, sintetizando pontos do debate, é uma oportunidade para reforçar o desenvolvimento de habilidades e competências exploradas ao longo da seção; todavia, as habilidades **EM13LP05**, **EM13LP15** e **EM13CNT303** poderão ser especialmente favorecidas, já que dão fechamento às etapas de interpretação de textos científicos, análise dos posicionamentos sobre o tema em discussão e produção de texto individual.

Comunicação

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

- Desenvolver protótipo de automação residencial.
- Elaborar um portfólio digital, de construção colaborativa, para divulgar o projeto de desenvolvimento de protótipo de automação residencial.
- Descrever o funcionamento e a lógica aplicada nos sistemas de automação.
- Explicar a linguagem matemática utilizada nos comandos de sistema automatizado.
- Explorar *softwares* para a programação de um dispositivo de automação residencial.
- Divulgar projeto de automação residencial em feira de Ciências.

Subsídios para o planejamento

Para a realização desta seção, os professores de **Biologia**, **Física** ou **Química** podem assumir a condução ou realizá-la em conjunto. O planejamento com professores da área de Linguagens e suas Tecnologias torna-se interessante para auxiliar no processo de construção de diferentes formatos de comunicação. Além disso, também será importante contar com o apoio do professor de **Matemática** para o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT405**.

Oriente os estudantes a formar grupos de no máximo seis integrantes, o que favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 9 e 10**, ao trabalharem de maneira coletiva e colaborativa, exercitando o diálogo e a resolução de conflitos para desenvolver o projeto e avançar com os desafios que surgem ao longo do percurso, agindo com autonomia e responsabilidade na tomada de decisões. Peça-lhes que leiam o texto introdutório da seção e discutam acerca da atividade proposta. Nesse primeiro momento, é necessário resgatar os conhecimentos prévios dos estudantes; então pergunte o que entendem por protótipo e automação residencial. Proponha que o primeiro

MODERNA

passo seja uma pesquisa sobre esses conceitos, para auxiliar na compreensão da proposta. Os estudantes deverão entender que o desafio da atividade consiste em propor uma solução tecnológica para uma determinada demanda no âmbito residencial, estabelecendo conexões com tecnologias presentes em seu cotidiano. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* indicamos a videoaula de Cabral (2018), sobre prototipagem, e o artigo de Accardl e Dodonov (2012), sobre automação residencial, para seu aprofundamento, se julgar necessário.

A primeira etapa de elaboração do projeto possibilitará analisar os mecanismos existentes, conhecer o funcionamento e a lógica aplicada nos sistemas de automação, permitindo aos estudantes exercitar a criatividade e a inventividade para utilizá-los na resolução do problema proposto, mobilizando a habilidade **EM13CNT308**. Espera-se também o desenvolvimento das **Competências Gerais 2 e 5**, que tratam do pensamento científico, crítico e criativo, além da cultura digital. Ainda assim, oriente os grupos sobre os passos necessários para a elaboração do projeto. Na etapa I, é importante atentar-se aos aspectos listados a seguir.

1. **Proposição do problema que se quer solucionar**

Definir o problema da vida real, no âmbito residencial, ao qual é preciso dar uma solução tecnológica. Caso, todos os grupos escolham projetos de irrigação, ofereça as referências a seguir, pois apresentam conhecimentos necessários para o desenvolvimento de projetos de automação.

- DIAS, B. G. L. *et al*. Monitoramento de sensores de umidade do solo com internet das coisas (IoT) aplicado na agricultura de precisão. Disponível em: <https://maua.br/files/122019/monitoramento-sensores-umidade-do-solo-com-internet-das-coisas-(iot)-aplicado-agricultura-precisao-261143.pdf>.
- LAVAREDA FILHO, R. M. Sistema de monitoramento inteligente de uma horta escolar baseado na plataforma Arduino. *Trabalho de Conclusão de Curso* – Graduação em Licenciatura em Computação – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2017. Disponível em: <https://maua.br/files/122019/monitoramento-sensores-umidade-do-solo-com-internet-das-coisas-(iot)-aplicado-agricultura-precisao-261143.pdf>.
- PEREIRA, C. C. *et al*. Sistema de irrigação automatizado utilizando Arduino uno. Mostra Nacional de Robótica (MNR). 2017. Disponível em: <http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/9ecb347d798fa6e1a95a46e7a8729164.pdf>.
  Acessos em: 20 ago. 2020.

2. **Proposição de solução**
   - Redigir as ideias que surgem e as alternativas de solução.
   - Escolher as ideias mais interessantes para a solução do problema.
   - Definir qual será o objetivo do protótipo.
3. **Planejamento da gestão do projeto**

A organização do trabalho permite a mobilização da subdimensão criação de processos de investigação da **Competência Geral 2**. Perguntas do tipo: o que, quem, quando podem ser de grande valia para os seguintes itens:

- Identificação e ordenação das tarefas no tempo.
- Organização da equipe e divisão das responsabilidades.
- Busca e seleção das informações necessárias.
- Planejamento e construção do protótipo.
- Descrição dos materiais e ferramentas que serão necessárias.
- Cronograma e orçamento.

Oriente os estudantes a construir um portfólio. Sugira a utilização de uma ferramenta digital de trabalho colaborativo para que se façam os registros. Pode-se utilizar uma plataforma de painéis visuais, por exemplo o *padlet*, para a construção do portfólio digital. A experiência de criação desse material de autoria coletiva favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13LGG703**, que se relaciona com a **Competência Geral 5** por envolver a compreensão e o uso das tecnologias de forma ética; e com a **Competência Geral 4**, em virtude do uso de linguagens para produzir sentidos.

Nessa fase, a finalidade do portfólio é registrar e documentar todo o trabalho realizado, funcionando como um diário de aprendizagem. O portfólio deverá conter os dados do projeto (descrição, objetivos, participantes e distribuição dos papéis), todos os passos do processo, os acordos feitos, os rascunhos, esboços, referências, cronograma, orçamento etc.

Solicite aos estudantes que incluam no portfólio os diários de trabalho, para descrever e registrar o trabalho realizado, facilitando a visualização de toda a equipe sobre o andamento do projeto e propiciando a reflexão. O diário de trabalho pode ser usado no processo de avaliação. Utilize dois diários diferentes: um de equipe, centrado nas sessões de trabalho em grupo, e outro individual, centrado no trabalho feito pelos integrantes da equipe.

4. **Elaboração do roteiro de trabalho**

- Pesquisa: buscar as informações necessárias para a execução do projeto. Espera-se que os estudantes realizem pesquisas nessa fase acerca dos mecanismos de funcionamento dos agentes inteligentes; da plataforma de prototipagem Arduino; e de um protocolo de linguagem que sirva para a execução do projeto. Nesse momento, valoriza-se o desenvolvimento da subdimensão busca de informações da **Competência Geral 1**.
- Modelagem do protótipo: definição da medida de desempenho, ambiente, atuadores e sensores. Espera-se que, na modelagem, os estudantes definam como será a construção física do ambiente a ser controlado, quais sensores serão necessários nas medições dos parâmetros controlados, qual protocolo de linguagem será utilizado para a troca de mensagens entre máquinas e quais atuadores serão utilizados para modificar os parâmetros para que fiquem o mais próximo possível do valor inserido pelo usuário.

Esse passo mobiliza a habilidade **EM13LGG701**, uma vez que os estudantes exploram e utilizam um *software* para a programação do dispositivo. Além disso, a habilidade

EM13MAT405 também será trabalhada, pois é necessário que os estudantes compreendam a linguagem matemática utilizada para relacionar os parâmetros lidos pelo sensor, que indicará as condições do ambiente, com a ação que deve ser tomada pelos atuadores, possibilitando a programação do dispositivo conforme a proposta do projeto. Nesse momento há o aprofundamento das **Competências Gerais 4 e 5** por ampliar o repertório de linguagem do estudante no mundo digital.

Amplie seu reportório pedagógico acerca da plataforma de prototipagem Arduino utilizando o material de apoio elaborado pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Ao final da etapa I, os estudantes deverão organizar os dados coletados e elaborar o projeto do protótipo conforme orientado na seção. Nesse momento mobiliza-se a subdimenso, aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**. Deve-se avaliar o projeto antes de os estudantes passarem para a próxima etapa, para verificar se há alguma inconsistência. O projeto deverá ser incluído no portfólio digital.

Na etapa II, os estudantes deverão construir o protótipo, provar, testar, observar e coletar os resultados. Se, depois dos testes, o protótipo não funcionar como se esperava, oriente os estudantes a examinar, com base no projeto, e corrigir o que for necessário. Deve-se aqui valorizar o erro no processo de aprendizagem e tomá-lo como integrante do processo científico. Todos os passos deverão ser registrados para facilitar os ajustes. Os registros deverão ser incluídos no portfólio.

Quando o produto tiver finalizado, deve-se orientar os estudantes a avaliá-lo de acordo com o que foi proposto consensualmente pelos participantes no início do processo.

Na etapa III, oriente os estudantes a construir uma apresentação de forma clara, explicando o processo de construção, a funcionalidade e o resultado a que se chegou. Essa etapa mobilizará a habilidade **EM13CNT302**, que se relaciona com a **Competência Geral 4**, com foco na comunicação. Ainda nessa etapa, além da construção de um protótipo, a seção propõe a organização de uma feira de Ciências para a divulgação dos resultados, possibilitando a expressão de ideias por meio do evento e a identificação dos significados das feiras de Ciências como forma de manifestação, o que mobiliza a **Competência Geral 3**.

Nessa etapa os estudantes deverão também organizar o portfólio, selecionando as evidências que melhor refletem o processo de elaboração do projeto e construção do protótipo, bem como relacionando com o produto resultante do processo, para poder utilizá-lo na apresentação por meio digital.

Para dar fechamento ao trabalho com a Unidade, proponha a reflexão sobre as duas questões do **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

- ACCARDI, A.; DODONOV, E. Automação residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos. *T.I.S.*, v. 1, n. 2, p. 156-166, nov. 2012. Disponível em: <http://revistatis.dc.ufscar.br/index.php/revista/article/view/27>. Acesso em: 23 jul. 2020.

O artigo apresenta o conceito de automação residencial e seus principais aspectos, focando na descrição de seus elementos básicos. Consideram-se também os setores, as aplicações e os aspectos relevantes para um planejamento de automação residencial.

- ADU-GYAMFI, K.; AMPIAH, J. G. Students' Alternative Conceptions Associated With Application of Redox Reactions in Everyday Life. *Asian Education Studies*, v. 4, n. 1, p. 29, 2019. Disponível em: <http://journal.julypress.com/index.php/aes/article/view/590/452>. Acesso em: 7 set. 2020.

O estudo explorou as concepções alternativas dos estudantes de química associadas à aplicação dos processos de oxidação e redução no contexto da vida real.

- ALMEIDA, T. G.; MELICIANO, N. V.; COLATRELI, O. P. Uso do filme GATTACA para ensinar e discutir genética. *In*: SOCIEDADE Brasileira de Genética. *Genética na Escola*, v. 13, n. 2, p. 124-131, 2018. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_dd675c09d98240dcb4045f0c5b06d70c.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo traz a proposta de utilizar o filme "Gattaca" para discutir, em sala de aula, como a biotecnologia pode ser usada para processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos.

- ALTARUGIO, M. H.; DINIZ, M. L.; LOCATELLI, S. W. O debate como estratégia em aulas de Química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/06-RSA-8008.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

As autoras trazem ponderações e uma defesa teórica do uso do debate nas aulas de ciências. Por meio da revisão da literatura e focando nas vantagens pedagógicas dessa estratégia, elas defendem a importância do debate sob o ponto de vista da formação crítica dos estudantes.

- ALVES, E. A.; SOUZA, D. S. Capítulo 2 - Biologia molecular. *In*: Molinaro, E. M. *Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde*. Rio de Janeiro: EPSJV; IOC, 2013. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/sites/default/files/l227.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

Esse capítulo aborda a história da descoberta do DNA, as características desse ácido nucleico, os processos de duplicação do DNA, transcrição, tradução e a regulação da expressão gênica. Além disso, aborda os principais métodos de extração, análise e quantificação de DNA.

- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (org.). *Ensino híbrido*: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

O livro apresenta possibilidades de integração das tecnologias digitais ao currículo escolar de forma que alcance uma

EM OBRA

série de benefícios no dia a dia da sala de aula. Além disso, relata experiências práticas de professores que utilizaram o laboratório rotacional.

- BATALHA, V. H. O. *A problemática da produção de alimentos transgênicos e sua relação com o meio ambiente, a saúde humana e a fome*. Universidade Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/44220/R%20--%20E%20-%20VITOR%20HUGO%20OLIVEIRA%20BATALHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 8 set. 2020.

O trabalho apresenta e discute argumentos favoráveis e contrários à produção e ao consumo de organismos geneticamente modificados.

- BATISTA, A. J. S. Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. *Ciência saúde coletiva*, v. 19, n. 7, 2014. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/csc/2014.v19n7/2105-2114/>. Acesso em: 7 set. 2020.

O objetivo desse artigo é verificar o estágio de desenvolvimento e marco regulatório de medicamentos nanotecnológicos no Brasil e discutir possíveis desafios relacionados a esse tema.

- BERNARDO, N. O que o filme "Estrelas além do tempo" tem a ver com sua aula. *Nova Escola*, mar. 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/4779/o-que-o-filme-estrelas-alem-do-tempo-tem-a-ver-com-a-sua-aula>. Acesso em: 20 jul. 2020.

O material destaca as questões sociais, raciais, históricas e políticas presentes na narrativa do filme "Estrelas além do tempo", além de trazer sugestões de como trabalhar com esse conteúdo em sala de aula.

- BOBROWSKI, V .L.; FIUZA, L. M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M. H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. *Ciência rural*, v. 33, n. 5, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000500008>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo aborda os aspectos relacionados à bactéria *Bacillus thuringiensis* como fonte de genes de resistência a insetos que podem gerar prejuízos para plantações, além das vantagens do uso de plantas-Bt, bem como as perspectivas dessa ferramenta biotecnológica.

- BOLSANELLO, M. A. Darwinismo social, eugenia e racismo "científico": sua repercussão na sociedade e na educação brasileira. *Educar em revista*, Curitiba, n. 12, p. 153-165, 1996. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40601996000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 jul. 2020.

O artigo traz conceitos sobre as teorias racistas, como o darwinismo social, a eugenia e o racismo científico, evidenciando como essas ideias propagadas no final do século XIX e meados do século XX foram responsáveis pela introdução da justificativa científica do preconceito racial e social no Brasil.

- BORGES, M. C.; CHACHÁ, S. G. F.; QUINTANA, S. M.; FREITAS, L. C. C.; RODRIGUES, M. L. V. Aprendizado baseado em problemas. *Medicina (Ribeirão Preto. Online),* v. 47, n. 3, p. 301-307, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/86619/0>. Acesso em: 31 jul. 2020.

Artigo que apresenta um pouco sobre a origem Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), bem como os papéis dos participantes e os sete passos do ciclo tutorial.

- BRITO, S. Japão permite a criação de embriões híbridos de animais e humanos. *Veja*, 2019. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/japao-permite-a-criacao-de-embrioes-hibridos-de-animais-e-humanos/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

A notícia descreve os avanços japoneses quanto à regulamentação do uso de híbridos. Traz também algumas das implicações das medidas regulatórias e descreve brevemente como são produzidos esses híbridos.

- CABRAL, A. Projeto e desenvolvimento do produto – Aula 12 – Prototipagem. *In*: Univesp. 2018. (16 min 31 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SBCNKHU37ZQ>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Na videoaula, o professor Antônio Cabral aborda os conceitos de prototipagem, o objetivo e as etapas envolvidas no desenvolvimento de protótipos, além de classificá-los.

- CARLI, G. J.; SOUZA, T. A. J.; PEREIRA, T. C. A revolucionária técnica de edição genética "CRISPR". *Genética na Escola*, v. 12, n. 2, p. 114-123, 2017. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_bb029b3f3bf04a40a6b3c9a45520ebfb.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

A reportagem traz uma contextualização histórica sobre a criação da técnica CRISPR/Cas9, comparando suas vantagens e desvantagens com as de outras técnicas de edição gênica.

- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS FUNCIONAIS (CDMF). Nanoarte. Disponível em: <http://cdmf.org.br/category/nanoarte/>. Acesso em: 1 set. 2020.

Página do *site* do Centro de Desenvolvimento de Materias Funcionais que mostra as diversas obras criadas com a Nanoarte, sejam em forma de vídeos ou fotografias.

- CLEMENT, C. R. Os centros de origem e diversidade de Vavilov e os recursos genéticos do Brasil. *Revista RG News*, v. 1, p. 9-13, 2015. Disponível em: <http://www.recursosgeneticos.org/Recursos/Arquivos/3._Os_centros_de_origem_e_diversidade_de_Vavilov_e_os_recursos_gen_ticos_do_Brasil.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O texto aborda os estudos do geneticista Nicolay Ivanovich Vavilov, sobre os centros de diversidade e de origem das plantas cultivadas, e a importância desse conhecimento para os programas de melhoramento.

- COOKED. Direção: Alex Gibney. Produção: Michael Pollan. Netflix, 2016. (180 min).

Série com quatro episódios, baseada nos elementos da natureza fogo, ar, água e terra, que mostra a relação da humanidade com a comida e como o ato de cozinhar transforma o mundo ao nosso redor. Alguns dos episódios abordam o uso de técnicas que envolvem a biotecnologia, como a fermentação.

EM MODERNA

- COSTA, C.; SANTOS, E. R.; GALEMBECK, E. O vigésimo primeiro e o vigésimo segundo aminoácidos: o código genético expandido. *Genética na Escola*, v. 11, n. 2, p. 108-121, 2016. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_848bfe9aefee43b6921b2330994a0c5a.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

A reportagem fala da descoberta do 21º e do 22º aminoácido. Também aborda como acontece o seu processo de codificação, suas implicações no código genético e os organismos e as proteínas em que eles ocorrem.

- INSTITUTO de Biociências da USP. Aspectos das complexidades dos genomas. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3005497/mod_resource/content/1/BiologiaMolecular_texto09%20%281%29.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

O texto trata de tópicos relacionados à complexidade dos genomas, à organização dos genes nos cromossomos, à natureza dos trechos de DNA não codificantes e ao DNA de organelas.

- FRIAS, L. *A ética do uso e da seleção de embriões*. Florianópolis: Editora UFSC, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187695/A%20%C3%A9tica%20do%20uso%20e%20da%20sele%C3%A7%C3%A3o%20de%20embri%C3%B5es%20e-book.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jul. 2020.

O livro apresenta em minúcias cada um dos principais argumentos que circundam os debates sobre a produção de embriões humanos, classificando-os, por exemplo, em argumentos relativos ao concepcionismo e ao antisselecionismo. Ao longo de seus três capítulos, são apresentadas referências e considerações pertinentes ao debate e que se originam de várias áreas do conhecimento. As diferentes seções que formam os capítulos podem ser selecionadas para a utilização pelos estudantes a fim de enriquecer o debate.

- FURLAN, C. M.; ALMEIDA, A. C. de; RODRIGUES, C. del N.; TANIGUSHI, D. G.; SANTOS, D. Y. A. C. dos; MOTTA, L. B.; CHOW, F. Extração de DNA vegetal: o que estamos realmente ensinando em sala de aula? *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 1, 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/05-RSA6409.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

O artigo aborda os desafios e as limitações dos experimentos práticos de extração de DNA vegetal em sala de aula.

- GIRELLI, C. W. Formulação de detergentes enzimáticos utilizando o planejamento de experimentos. *Monografia* (Graduação). Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MBI13005.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O trabalho traz uma descrição detalhada dos processos industriais relacionados à produção de detergente em pó.

- GOMES-SANTOS, S. N. Modos de apropriação do gênero debate regrado na escola: uma abordagem aplicada. *Revista Delta*, n. 25, 2009. Disponível em: <https://www.ufjf.br/projetodeoralidade/files/2018/06/PE-Modos-de-apropria%c3%a7%c3%a3o-do-g%c3%aanero-debate-regrado-na.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

O autor descreve e analisa, do ponto de vista disciplinar da Língua Portuguesa, como se dá o debate regrado em turmas do Ensino Médio, focando essencialmente nos estudantes. As reflexões empírico-teóricas podem inspirar práticas alinhadas aos diferentes contextos e realidades da sala de aula.

- KARASINSKI, L. O que é tecnologia? *Tecmundo*, 29 jul. 2013. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/tecnologia/42523-o-que-e-tecnologia-.htm>. Acesso em: 25 jul. 2020.

O texto traz de forma bastante introdutória e informal a ideia de que a tecnologia não está relacionada apenas à informática. Os exemplos citados pelo autor ajudam a introduzir a complexa e multifacetada definição de tecnologia.

- LABORATÓRIO de Tecnologia Educacional. Síntese proteica: aplicativo interativo. Universidade Estatual de Campinas, 2009. Disponível em: <https://www.lte.ib.unicamp.br/portal/apps.php?idApp=8>. Acesso em: 7 set. 2020.

Esse *software* apresenta uma atividade interativa a respeito da síntese de proteínas, favorecendo a compreensão dos conceitos envolvidos nesse processo.

- LEITE, I. S. *et al*. Uso do método cooperativo de aprendizagem *Jigsaw* adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 4, p. 4504, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n4/a15v35n4.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

Esse artigo aborda a aplicação de um minicurso a estudantes do Ensino Médio conjuntamente com uma variação do método de Aprendizagem Cooperativa *Jigsaw* e utilização de um texto de divulgação científica como eixo da atividade sobre o assunto de nanociência e nanotecnologia.

- MATTE, U. S.; CARDOSO-DOS-SANTOS, A. C.; RODRIGUES, G.; OLIVEIRA, M. Z.; TAGLIANI-RIBEIRO, A.; HECK, S.; DRESCH, V.; SCHOSSLER, M.; SCHULER-FACCINI, L. Decifrando o "mistério dos gêmeos": vinte anos de pesquisa em Cândido Godói, Rio Grande do Sul. *Clin Biomed Res*, v. 39, n. 2, p. 107-115, 2019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/90838>. Acesso em: 2 ago. 2020.

O artigo faz um apanhado dos anos de pesquisa com a população de Cândido Godói, RJ, mostrando os principais desdobramentos de um dos casos clássicos de estudo de populações humanas no Brasil. Os autores afirmam que o alelo P72, forma variante do gene *TP53*, aparece em alta frequência nessa população e este pode ser o principal fator da alta incidência de nascimentos gemelares na região.

- MEDEIROS, C. Raça e racismo no Brasil. *In*: Café Filosófico CPFL. 2016. (47 min 17 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RFYQ6axQSho&feature=emb_title>. Acesso em: 31 jul. 2020.

No vídeo, o jornalista Carlos Medeiros traz um panorama da situação dos negros no Brasil desde a abolição até a contemporaneidade e as consequências dos vestígios deixados pela escravidão que são enfrentadas até hoje por essa população.

- MEGLHIORATTI, F. A.; EL-HANI, C. N.; CALDEIRA, A. M. A. Capítulo 2 – A centralidade do conceito de organismo do conhecimento biológico e no ensino de Biologia. *In*: CALDEIRA, A. M. A. *Ensino de ciências e matemática, II*:

temas sobre a formação de conceitos. São Paulo: Editora Unesp, 2009. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/htnbt/03>. Acesso em: 7 set. 2020.

Os autores discutem a compartimentalização do conhecimento e a formação de uma ideia fragmentada dos conceitos biológicos.

- MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a04.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

O artigo aborda aspectos gerais da corrosão e discute métodos de preveni-la.

- MICHAELIS Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Melhoramentos, 2015. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=tecnologia>. Acesso em: 25 jul. 2020.

No verbete desse dicionário são apresentados definições amplas e exemplos de uso da palavra tecnologia que podem enriquecer a discussão ao invés de limitá-la.

- MORI, L.; CUNHA, M. B. 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: 31 jul. 2020.

Artigo que apresenta diversas metodologias de ensino baseadas em problematizações, entre elas a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

- OLIVEIRA, A. *et al*. Computação em nuvens. *Revista de Trabalhos Acadêmicos*-Campus Niterói, n. 7, 2013. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2&page=article&op=view&path%5B%5D=1188&path%5B%5D=892>. Acesso em: 25 jul. 2020.

O texto apresenta de forma bastante introdutória o que caracteriza a computação em nuvem, quais suas variantes, possibilidades, vantagens e desvantagens.

- OLIVEIRA A. S.; SOARES M. H. S. B. Júri químico: uma atividade lúdica para discutir conceitos químicos. *Química Nova na Escola*, n. 21, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a04.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

Os autores descrevem como organizar um júri simulado, apresentando sugestões de como organizar a sala de aula e quais as ações do professor nesse cenário. As estratégias descritas podem ser adaptadas a diferentes contextos de ensino para a realização de debates sobre temas diversos.

- PROJECT Zero. *Think*, *Puzzle, Explore*: A routine that sets the stage for deeper inquiry. Harvard Graduate School of Education, 2019. Disponível em: <https://pz.harvard.edu/resources/think-puzzle-explore>. Acesso em: 7 set. 2020.

O *site*, em inglês, traz as informações e a descrição da rotina de pensamento *Think/Puzzle/Explore* (Pensar/Questionar/Explorar).

- RAMOS, J. S. A. *et al*. O gene *TP53* e o câncer. *Genética na Escola*, v. 13, n. 2, p. 226-231, 2018. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_a204f079dae14866aecee27cc690a823.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo fala sobre uma das funções do gene *TP53* e quais são as causas e as consequências de mutações na sequência desse gene, relacionando-as ao câncer.

- REZENDE, S. M. Magnetismo na Terra Brasilis. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 3, p. 293-298, 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a44.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

O artigo aborda a evolução das investigações sobre fenômenos magnéticos até os dias atuais, com ênfase no estágio atual da pesquisa sobre o magnetismo no Brasil.

- RODRIGUES, C. D. N. *et al*. DNA vegetal na sala de aula. Departamento de Botânica, IBUSP, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/bmaterial6.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O texto traz um material de apoio para aula prática sobre extração de DNA e pode auxiliar o professor na abordagem de conceitos como constituição, organização e função celular dos seres vivos.

- SÁ, H. Laboratório Rotacional: o que é e como funciona. *Sílabe Blog*, 22 fev. 2019. Disponível em: <https://silabe.com.br/blog/laboratorio-rotacional-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 30 jul. 2020.

Site que apresenta as características e o funcionamento do laboratório rotacional.

- São Paulo (Estado). Secretaria da Educação. Robótica: Ensino Médio; Caderno do Professor / Secretaria da Educação; coordenação, Valéria de Souza; textos, Manoel José dos Santos Sena. – São Paulo: SE, 2014. Disponível em: <http://eeepedrocia.com.br/site/wp-content/uploads/2016/07/Robotica_EM.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Esse caderno aborda os conceitos básicos de robótica e a plataforma Arduino, trazendo o passo a passo para a elaboração de diversos projetos utilizando essa plataforma.

- SALOMÃO, P. E. A.; SUSKI, A.; PINHEIRO, W. F.; LOPES A. A. Estudo de proteção contra corrosão em armaduras de aço da construção civil. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 1, p. 15, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/504/571>. Acesso em: 7 set. 2020.

O artigo apresenta um estudo de uma alternativa à proteção contra corrosão nas armações metálicas utilizadas na construção civil.

- SANTOS, E. R.; GALEMBECK, E. Síntese proteica: um *software* para entender como ocorre o processo de produção de proteínas. *Genética na escola*, v. 11, n. 2, p. 148-157, 2016. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_848bfe9aefee43b6921b2330994a0c5a.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2020.

O artigo fala sobre um *software* desenvolvido pelo Laboratório de Tecnologia Educacional da Universidade Estadual de Campinas que auxilia os estudantes a compreender o processo dinâmico da síntese de proteínas.

- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. *Ciência e Educação*, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014.

EM PROVA

Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000200393&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Com base na análise de uma situação de sala de aula que utilizou o ensino de ciências por investigação, as autoras discutem a construção de argumentos pelos estudantes. O trabalho traz reflexões importantes sobre a ideia de evidência e a relevância dela para a construção de argumentos.

- SCHOR, T. Reflexões sobre a imbricação entre ciência, tecnologia e sociedade. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 337-67, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ss/v5n3/a03v5n3.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

O texto procura trazer uma conceitualização da ciência e da tecnologia, utilizando autores da Filosofia da Ciência para caracterizar a relação entre elas.

- SILVA, K. V.; SILVA, M. H. Dicionário de conceitos históricos. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2009. Disponível em: <https://efabiopablo.files.wordpress.com/2013/04/dicionc3a1rio-de-conceitos-histc3b3ricos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

O dicionário apresenta os conceitos em forma de verbetes, abordando-os de maneira dinâmica e apresentando a natureza de cada conceito histórico.

- SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. *Ciência e Educação*, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132009000300014&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 jul. 2020.

O trabalho traz definições possíveis para os conceitos de ciência e tecnologia e dados que mostram a percepção que algumas pessoas que trabalham com inovações tecnológicas possuem sobre esses conceitos.

- SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência e tecnologia: transformando a relação do ser humano com o mundo. *IX Simpósio Internacional Processo Civilizador. Tecnologia e Civilização*. Disponível em: <http://www.uel.br/grupo-estudo/processoscivilizadores/portugues/sitesanais/anais9/artigos/workshop/art19.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2020.

O texto traz reflexões sobre os limites das definições de ciência e de tecnologia, procurando estabelecer relações entre esses dois conceitos sob uma perspectiva histórica e utilizando a pesquisa bibliográfica para isso.

- SILVEIRA, R. V. M. Código genético: uma análise das concepções dos alunos do Ensino Médio. *Genética na Escola*, v. 9, n. 1, p. 12-19, 2014. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_68526a216143442fa5a2a1abaeda7dd7.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

A pesquisa traz a investigação das concepções de estudantes sobre o conceito de código genético. Os autores afirmam que há uma tendência dos estudantes a confundi-lo com os conceitos de genoma e material genético. A pesquisa ainda traz exemplos de reportagens que usaram o termo de maneira inadequada.

- SOUZA, A. M. F. L. O viés androcêntrico em Biologia. *In*: COSTA, A. A. A.; SARDENBERG, C. M. B. (orgs.). *Feminismo, Ciência e Tecnologia*. Salvador: REDOR/NEIM-FFCH/UFBA, 2002. Disponível em: <http://www.neim.ufba.br/wp/wp-content/uploads/2013/11/feminismocienciencia.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020.

O texto traz exemplos de como muitos conceitos biológicos foram (e são) tratados por uma perspectiva masculina.

- STUDY INALBERTA. O que é nanotecnologia? 2014. (3 min 26 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=oHgN4jtieTg&feature=emb_title>. Acesso em: 7 set. 2020.

O vídeo explica a escala nanométrica em forma de animação, aborda o tema nanotecnologia utilizando conceitos científicos e mostra exemplos de nanomateriais.

- UNIVESP. SP Pesquisa - Grafeno. 2015. (13 min 29 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E0z1DKKCJwY>. Acesso em: 7 set. 2020.

O vídeo mostra as pesquisas com o grafeno realizadas no Brasil e mostra as maneiras de se obter grafeno em laboratório.

- VALENTI, R. S. Xenotransplantação e suas implicações bioéticas: reflexões sobre os princípios da responsabilidade e da precaução. *Revista Âmbito Jurídico*, 2017. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/edicoes/revista-163/xenotransplantacao-e-suas-implicacoes-bioeticas-reflexoes-sobre-os-principios-da-responsabilidade-e-da-precaucao/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Apesar da linguagem mais sofisticada, o texto permite compreender algumas das questões relativas à bioética que permeiam a produção e o uso de híbridos. O texto pode contribuir com o debate por trazer argumentos que transcendem as fronteiras exclusivamente científicas.

- VASCONCELOS, C. O que são os híbridos humano-animal. *Portal Deviante*, 22 ago. 2019. Disponível em: <https://www.deviante.com.br/noticias/o-que-sao-os-hibridos-humano-animal/>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Nesse texto de divulgação científica, a autora traz um panorama histórico dos híbridos humano-animal, com considerações do ponto de vista biológico, metodológico-científico e ético.

- WALSH, F. Cientistas criam órgãos humanos em porcos para transplantes. *BBC News*, 6 jun. 2016. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-36459781>. Acesso em: 10 jul. 2020.

O texto descreve como são produzidas as quimeras e traz informações sobre o significado desse termo. No contexto do debate proposto nesta seção, a referência traz argumentos que permeiam a polêmica do uso de embriões animais, trazendo diferentes perspectivas que podem enriquecer o debate na sala de aula.

EM MODERNA

UNIDADE 2

Análise forense

Abertura

Objetivos de aprendizagem

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

- Analisar o papel e os riscos de técnicas e recursos científicos usados para detectar adulterações em combustíveis, a fim de garantir a integridade individual e coletiva de indivíduos.
- Considerar e refletir sobre as propriedades dos materiais para avaliar suas aplicações sem deixar de lado questões relativas à segurança.
- Interpretar e descrever gráficos com dados sobre adulteração de combustíveis, levando em consideração as escalas e a natureza das informações que eles possuem.
- Analisar, interpretar e discutir notícias de interesse científico, reconhecendo a relevância das informações no contexto em que essas notícias foram produzidas.

Subsídios para o planejamento

A temática abordada nesta abertura pode ser trabalhada pelos professores de Ciências da Natureza. Professores de **Química** podem ter maior familiaridade com os termos e os conceitos associados aos métodos de separação de misturas. As reflexões e as atividades propostas podem, ainda, ser planejadas em conjunto com os professores de **Matemática** e **Língua Portuguesa**, potencializando também o desenvolvimento de habilidades desses componentes curriculares.

Inicie a seção dividindo a turma em pequenos grupos de quatro a cinco estudantes. O trabalho em equipe permite o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 9**, uma vez que os estudantes precisam se expressar com empatia e se conectar com as colocações dos colegas para buscar o entendimento mútuo. Peça que listem, em uma folha, a maior quantidade possível, dentro do tempo estipulado, de exemplos de misturas heterogêneas e homogêneas que estão presentes no cotidiano. Incentive os estudantes a indicarem exemplos de misturas nos três estados de agregação. Informe-lhes que os exemplos de misturas heterogêneas e homogêneas devem ser listados em faces opostas da folha. Caso os estudantes não se recordem desses conceitos, retome-os brevemente (sem citar exemplos) para que seja possível prosseguir com as atividades. As misturas são sistemas constituídos de mais de uma substância, que podem se apresentar formando apenas uma fase (homogênea) ou mais de uma fase (heterogênea). Depois de alguns minutos de trabalho em grupos, peça aos estudantes que troquem suas respostas com as de outro grupo, para que realizem a correção. O grupo corretor deve indicar as respostas que considera corretas e devolver a folha para o grupo de origem. Na sequência, peça aos estudantes que citem as misturas que classificaram como homogêneas e como heterogêneas, justificando a atribuição. Durante a fala, monte um quadro com os exemplos dados por eles, revisando os conceitos. O sistema com mais de um componente que apresenta uniformidade de composição, de propriedades e de aparência em todos os pontos é chamado de mistura homogênea. Quando pelo menos um dos componentes pode ser observado a olho nu, ou com uso de microscópio, a mistura é dita heterogênea. Essa etapa da atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307**, ao se refletir sobre as propriedades das misturas.

Peça aos estudantes que permaneçam em grupos e leiam o texto de abertura da Unidade. Com base no texto, eles deverão responder:

1. O etanol e a gasolina utilizados como combustível no Brasil são exemplos de quais tipos de mistura? Por quê?
2. Segundo o texto, qual é a causa da adulteração dos combustíveis?
3. Quais as consequências da adulteração do combustível?
4. Como podemos testar/determinar a porcentagem de etanol presente na gasolina? Prepare a sua resposta na forma de desenhos que indiquem as etapas/os procedimentos necessários para esse teste. Os desenhos deverão ser apresentados à turma.

Após o trabalho em grupo, prossiga com a correção das questões, procurando fazê-la de forma coletiva, possibilitando o compartilhamento e momentos para sanar dúvidas. Para a correção da questão 4, peça que alguns estudantes expliquem seus esquemas para o restante da turma. Na sequência, exiba o vídeo da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Combustíveis (ANP) (2018) (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ocii4dKgRXY>. Acesso em: 5 ago. 2020.). Peça, então, aos estudantes que reavaliem a necessidade de incorporarem possíveis correções nos esquemas que fizeram. Caso considere oportuno, realize a prática apresentada em Dazzani e colaboradores (2003), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. As ações fomentadas durante essa etapa da atividade favorecem o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT306**, ao pensar no procedimento e nos instrumentos de medição empregados para realizar o teste de qualidade da gasolina, considerando os riscos envolvidos na exposição a esse produto; além do aprofundamento da habilidade **EM13CNT307**, avaliando as propriedades da mistura de água e gasolina.

Mantendo a turma ainda organizada em grupos, indique que os estudantes deverão trabalhar individualmente para a próxima etapa da atividade. Oriente-os a ler o gráfico apresentado na abertura da Unidade. Com base nele e nas discussões realizadas até este ponto, cada um deverá escrever um pequeno texto, de, no máximo, 10 linhas, explicando o gráfico. Depois de um período dedicado à elaboração autoral das respostas, os estudantes deverão trocar os textos com os membros de seus grupos para serem analisados pelos colegas. Para isso, instrua-os a considerar, por exemplo, (i) se o texto mostra relações interessantes entre os dados do gráfico, (ii) se as relações estabelecidas nos textos estão claras e (iii) se

EM MODERNA

o texto ajuda a interpretar, e não apenas repete os dados do gráfico. Peça aos estudantes que retomem suas folhas de respostas corrigidas e reflitam sobre elas. Abra uma discussão com a turma e certifique-se de que eles extraíram informações significativas do gráfico, estabelecendo, por exemplo, relações de grandeza, apontando valores extremos e colocando os dados em contexto com as informações trabalhadas até este ponto da atividade. Uma constatação importante que reflete uma boa conexão entre os conceitos de misturas e os dados do gráfico é perceber que algumas causas de adulteração estão relacionadas à composição da mistura, como o teor de etanol e de metanol, e outras associadas às propriedades da mistura, como a cor e a temperatura de destilação da gasolina. Essas relações entre composição e propriedades da matéria aprofundam o trabalho com a habilidade **EM13CNT307**. Sugira que alguns estudantes se voluntariem para compartilhar o texto com a turma e apontar como a correção dos colegas os ajudou a repensar a resposta dada inicialmente. A análise do gráfico com os dados estatísticos e seu compartilhamento com a turma favorecem o desenvolvimento das habilidades **EM13MAT102** e **EM13CNT302**.

Em seguida, forneça a matéria de Sugimoto (2005) (Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju286pag03.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.). Em grupos, os estudantes deverão ler o texto e responder às seguintes questões:

1. Segundo a notícia de 2005, como funciona a técnica de espectrometria empregada na detecção de combustíveis adulterados?
2. Com base no texto, explique com suas palavras quais são as diferenças entre os gráficos de gasolinas adulteradas e de gasolina normal.
3. Levando em conta que a notícia é de 2005, você considera que a técnica descrita deva ser usada para detectar combustíveis adulterados na atualidade? Por quê?

Após um tempo de trabalho nos grupos, peça que os estudantes compartilhem as respostas, a fim de que todos possam discutir o texto. O momento de leitura, reflexão e discussão sobre o texto permite desenvolver a habilidade **EM13LP45** e a **Competência Geral 7**, pois os estudantes precisam se posicionar criticamente sobre a temática com base nas informações obtidas. Procure contemplar na discussão como a espectrometria de massas funciona, destacando que a técnica identifica as substâncias presentes e faz uma comparação entre o perfil de composição esperado para a gasolina e o perfil da gasolina adulterada, como mostram os gráficos exemplificados na matéria. A discussão da questão 2 permite aprofundar a habilidade **EM13MAT102**, analisando o gráfico resultante da técnica de espectrometria. Caso queira se aprofundar na temática da espectrometria de massas e em suas possibilidades para as ciências forenses, o texto de Colnago e colaboradores (2002), indicado no *Apoio ao trabalho pedagógico,* traz exemplos do uso da técnica para o estudo de macromoléculas biológicas.

Mantenha os grupos e peça que respondam à questão de abertura da Unidade. Instrua-os sobre como as respostas podem ser formuladas. Informe que consultas à internet e a outros materiais são permitidas (jornais, revistas, livros, conversas com especialistas, vídeos etc.), mas que o plágio é proibido. Depois que formularem suas respostas, os estudantes podem compartilhá-las com a turma em uma roda de conversa. Essa etapa retoma conceitos e habilidades trabalhadas ao longo da atividade, podendo favorecer particularmente o trabalho com as habilidades **EM13CNT306** e **EM13CNT307**, ao refletir sobre um comportamento de segurança para a análise e o uso adequado dos combustíveis. Ainda, ao responder à pergunta da abertura, os estudantes mobilizam as subdimensões busca de informação e aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**. Aproveite a oportunidade para checar o entendimento deles sobre os conceitos abordados ao longo das demais etapas da atividade de abertura da Unidade e comente que a ANP, além de analisar os combustíveis e fazer as autuações, é responsável por receber denúncias acerca de eventuais irregularidades.

- **Objetivos e avaliação diagnóstica**

As questões indicadas no **Pense nisso!** foram pensadas para retomar os objetos de conhecimento associados às habilidades do Ensino Fundamental que serão importantes ao longo do desenvolvimento dos Temas abordados na Unidade. O trabalho com essas questões possibilita o levantamento de conhecimentos prévios, podendo, portanto, ser utilizado como instrumento de planejamento. Além disso, as questões podem ser um termômetro para complementar a avaliação diagnóstica, originando informações sobre as possíveis dificuldades dos estudantes, as quais devem ser compartilhadas entre os professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A questão proposta para o **Tema 1** dialoga com os conceitos presentes na habilidade **EF06CI01**, requerendo dos estudantes que mobilizem os conhecimentos relacionados tanto à classificação de misturas quanto às formas de separá-las. Conhecer as propriedades químicas e físicas características dos sistemas permite aos estudantes determinar certas adulterações em produtos comerciais, foco do Tema.

Em conexão com o Tema anterior, a questão do **Tema 2** exige que os estudantes retomem as relações que se estabelecem entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a produção de medicamentos, conteúdos abordados na habilidade **EF06CI04**. Essa aprendizagem é pré-requisito para a compreensão dos conceitos tratados no Tema, que são relativos às propriedades das substâncias, das reações químicas e das soluções, as quais podem ajudar na identificação de possíveis adulterações.

Para responderem à questão proposta no **Tema 3**, os estudantes terão de reconhecer o papel dos gametas na transmissão de características hereditárias, bem como os conceitos atrelados à genética mendeliana na compreensão de problemas genéticos. Além disso, terão de reconhecer que o material genético (DNA) é usado para a identificação de pessoas e em testes de paternidade, como também para a solução de crimes, mobilizando, assim, os conteúdos associados às habilidades **EF09CI08** e **EF09CI09**. Esses conhecimentos fornecem subsídios aos estudantes para aprofundar os estudos acerca dos conceitos de genética, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes e entenderem as técnicas de identificação de pessoas por meio do material genético (DNA).

A questão do **Tema 4** está associada à habilidade **EF07CI01** e visa reconhecer a aprendizagem dos estudantes quanto à aplicação de um tipo de máquina simples presente nos freios de carros e motos. Esse conhecimento é fundamen-

PROIBIDA

tal para o entendimento de conceitos físicos abordados no Tema, como a quantidade de movimento e de impulso para o estudo de choques mecânicos.

Por fim, a questão do **Tema 5** requer que os estudantes relembrem os conceitos associados ao funcionamento do microscópio de luz, conteúdo vinculado à habilidade **EF05CI13**. Verificar a aprendizagem dos estudantes a esse respeito é essencial para que compreendam os fenômenos luminosos, as leis da reflexão e da refração, o funcionamento de espelhos planos e convexos, lentes esféricas e os instrumentos ópticos, conteúdos que serão trabalhados no Tema.

Tema 1 – Adulteração de combustíveis, alimentos e bebidas

Objetivos de aprendizagem

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

- Utilizar as propriedades físicas e químicas características dos sistemas a fim de identificar adulterações em produtos comerciais.
- Reconhecer algumas propriedades específicas dos materiais: densidade, temperatura de fusão e de ebulição.
- Diferenciar substância de mistura com base nas propriedades físicas.
- Identificar e compreender o efeito da adição de um soluto não volátil sobre as propriedades das substâncias.
- Conhecer métodos e instrumentos de análise das propriedades físicas e químicas dos materiais.
- Compreender o significado das diferentes unidades de medidas de concentração.
- Calcular a concentração de uma solução após o processo de diluição e por meio de dados experimentais.

Subsídios para o planejamento

O Tema 1 deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**. Tem como foco estudar as propriedades físicas e químicas características dos sistemas como estratégia para a determinação de adulterações em produtos comerciais.

Como estratégia didático-metodológica para trabalhar com este Tema, sugere-se o trabalho com um estudo de caso elaborado a partir do texto indicado no **Fique por dentro** "Técnica expõe adulteração 'invisível' do leite". O estudo de caso é um recurso didático variante da aprendizagem baseada em problemas. Em ambos os casos, pressupõe-se uma centralidade do processo nos estudantes, que se envolverão em um problema orientado para discussão em grupo, contextualizando conteúdos disciplinares estruturados. Dessa forma, o estudo de caso envolve, além de uma participação ativa dos estudantes, uma participação ativa também do professor na elaboração, no estudo e na problematização do caso com os estudantes. Nesse cenário, primeiramente, propomos a leitura de um texto a fim de contextualizar os estudantes no Tema a ser estudado. Depois, sugerimos um caso para que os estudantes possam pesquisar, estudar e debater em pequenos grupos de forma ativa e autogerida no período extraclasse; na sequência, reservamos um momento em sala de aula para que os conteúdos presentes no Tema sejam sistematizados pelo professor. Por fim, concluímos o estudo de caso com a divulgação do que foi estudado ao público externo ao ambiente escolar, a fim de conscientizá-lo sobre a adulteração de produtos. Dessa forma, sugere-se que o estudo do Tema seja divido em quatro etapas.

- **1ª etapa**

A primeira etapa será realizada em sala de aula e consiste em organizar os estudantes em grupos e pedir a leitura do texto "Técnica expõe adulteração 'invisível' do leite". Você pode imprimir e entregar o texto aos grupos, pedir que eles façam a leitura em seus celulares ou que usem o laboratório de Informática de sua escola, o que for viável em seu contexto escolar. Incentivar os estudantes a utilizarem recursos multimídia para apoiar a aprendizagem favorece o trabalho com a subdimensão utilização de ferramentas digitais da **Competência Geral 5**.

A seguir, solicite que, individualmente, os estudantes respondam aos questionamentos, aqui listados, que têm como objetivo estimular suas compreensões acerca do texto. Depois, oriente-os a discutir suas respostas com os colegas de grupo.

1. Quais são as principais técnicas de adulteração do leite mencionadas no texto? Quais os motivos dessas adulterações?

R: Adição de gordura vegetal ou de água. Ambos levam à comercialização de um produto de menor qualidade, aumentando os lucros à custa do consumidor.

2. Qual o objetivo e os desafios da pesquisa de que a reportagem trata?

R: Desenvolver ou aperfeiçoar os métodos para detectar adulterações de produtos com substâncias não detectáveis pelos métodos convencionais.

3. Quais foram as principais conclusões da pesquisa?

R: A pesquisa constatou que a adição de peróxido de hidrogênio ao leite degrada as proteínas e os lipídios.

Essa estratégia favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 7 e 9**, já que estimula a participação dos estudantes em grupos, exercitando o diálogo, a argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, além da empatia e da cooperação. Além disso, a leitura desse texto permite que os estudantes compreendam alguns riscos decorrentes do consumo de produtos adulterados, mobilizando, assim, as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**.

Nesse momento, circule entre os grupos verificando e incentivando a participação de todos, aproveitando para dirimir as dúvidas e estimulá-los a refletir sobre a leitura da reportagem. Após o debate em grupo, proceda para um momento de discussão com toda a turma, anotando, no quadro, as principais ideias dos estudantes sobre a reportagem, tomando o cuidado para acolher, em um primeiro momento, todas as sugestões. Depois, reserve um tempo para fazer as correções necessárias e esclarecer as possíveis dúvidas.

- **2ª etapa**

Após as discussões e os debates com toda a sala sobre o texto, proponha o seguinte caso, que deverá ser analisado pelos estudantes:

EM MODERNA

Você e seu grupo são os químicos responsáveis pela parte analítica de um laboratório de análises químicas. Neste mês, vocês receberam duas amostras com suspeita de adulteração. A primeira, uma amostra de etanol comercial, é suspeita de adulteração por adição de metanol ou água, dois líquidos incolores. A segunda, uma amostra de leite comercial, é suspeita de adulteração pela adição de água, para aumentar seu volume, e adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) acima das concentrações permitidas pela legislação. Como químico responsável, proponha formas de verificar a adulteração nessas amostras.

Para que os estudantes ampliem a compreensão da proposta, oriente-os para que, no período extraclasse, discutam com os colegas e pesquisem mais sobre o assunto em fontes confiáveis. Indique o Livro do estudante como fonte de pesquisa, mas também incentive-os a utilizar outros canais de busca, como os portais da Scielo e da Capes, as Revistas *Química Nova na Escola* e *Pesquisa Fapesp*, assim como os *sites* da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Esse trabalho favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 2, 7 e 9**, uma vez que os estudantes mobilizarão a capacidade de interpretar problemas científicos, pesquisar em fontes bibliográficas confiáveis, argumentar sobre temas da Ciência, expor suas ideias perante os colegas e exercitar a empatia e o respeito à opinião dos outros. Também visa promover o trabalho com as subdimensões busca de informação e aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**, já que os estudantes precisam compreender estratégias para a determinação de adulterações em produtos comerciais por meio das propriedades físicas e químicas características dos materiais.

Após o período de pesquisa extraclasse, se necessário, reserve alguns encontros presenciais para ajudá-los acerca de eventuais dúvidas e dificuldades, além de verificar o andamento do trabalho dos grupos. Nesses encontros, os grupos podem elaborar esquemas a partir do material pesquisado a fim de auxiliá-los na resolução do problema.

- **3ª etapa**

Nessa etapa, é preciso verificar a aprendizagem dos estudantes acerca do que foi estudado até o momento, uma vez que os conhecimentos científicos formais serão necessários para a compreensão do Tema e para a resolução do caso. Para isso, sugerimos que você trabalhe com os tópicos presentes no Livro do estudante **Análise de misturas, Diluição e medidas de concentração**, **Efeitos crioscópico e ebulioscópico** e **Determinando a concentração de uma amostra por titulação**, orientando-os a fim de suprimir as dúvidas, atentando às dificuldades dos estudantes e às concepções alternativas desenvolvidas. Algumas dessas concepções podem ser consultadas nos trabalhos de Gibin (2015), Silva e Amaral (2016) e Rossi *et al.* (2008) indicados em *Apoio ao trabalho pedagógico*.

A fim de verificar o aprendizado dos estudantes, levante os seguintes questionamentos.

1. Como nós podemos diferenciar uma mistura homogênea de uma mistura heterogênea?

   R: As misturas heterogêneas devem apresentar mais de uma fase.

2. Um copo com água e gelo constitui uma mistura?

   R: Não, pois uma mistura deve conter duas ou mais substâncias.

   Nesse ponto pode haver uma confusão, por se tratar de um sistema heterogêneo, pois há duas fases, água líquida e água sólida.

3. Quais propriedades específicas dos materiais podem servir para identificar uma substância?

   R: Uma substância é descrita como uma porção específica de matéria, com composição fixa e propriedades bem definidas. Assim, essas propriedades podem ajudar a identificá-la. Algumas delas são trabalhadas no Tema, tais como densidade e temperaturas de fusão e de ebulição.

4. O que você entende sobre densidade?

   R: A densidade corresponde à relação de massa por volume $\left(d = \frac{m}{V}\right)$.

5. Como podemos medir experimentalmente a densidade?

   R: Espera-se que os estudantes mencionem o picnômetro e o densímetro como instrumentos para a determinação da densidade. Além disso, espera-se que eles descrevam brevemente as diferenças envolvidas na utilização de cada um deles. Por exemplo, o densímetro mede a densidade de líquido. Já o picnômetro pode ser utilizado para sólidos.

6. O que você entende sobre o processo de diluição? Como se realiza seu cálculo?

   R: Espera-se que os estudantes respondam a diminuição da concentração por meio da adição de solvente. Os estudantes podem citar expressões derivadas da relação de conservação de massas do soluto, antes e após a diluição: m(soluto na solução-estoque) = *m*(soluto na solução final).

7. Quais formas de se representar quantitativamente a concentração de soluções você conhece?

   R: Os estudantes podem mencionar a concentração em massa (g L^{-1}), concentração em parte por milhão ou bilhão (ppm ou ppb), concentração em graus GL e INPM (°GL e °INPM), concentração em quantidade de matéria (mol L^{-1}), entre outras.

8. O que você entende sobre os efeitos crioscópico e ebulioscópico?

   R: Espera-se que os estudantes mencionem que ambos consistem na variação das temperaturas de fusão e ebulição decorrentes da adição de um soluto não volátil a um solvente. Assim, o efeito crioscópico é caracterizado pelo abaixamento da temperatura de fusão e o efeito ebulioscópico é a elevação da temperatura de ebulição, comparativamente às temperaturas de transição de fases do solvente puro.

9. Qual é a importância das temperaturas de fusão e de ebulição para a identificação de substâncias?

   R: Espera-se que os estudantes apontem que a temperatura de transição de fase de uma substância é específica e que ela se mantém constante durante a mudança de fase.

10. Como se pode determinar a concentração de uma amostra por titulação?

    R: Espera-se que os estudantes mencionem que a titulação é uma técnica empregada para determinar a concentração de um analito em uma solução. Para isso, vale-se de uma propriedade química do analito, de tal modo que seja possível estabelecer uma relação quantitativa entre essa propriedade

MODERNA

e a quantidade de analito em solução. Por exemplo, a solução de um ácido pode ser titulada com uma base, uma vez que essa reação altera o pH do meio, que pode ser monitorado por meio de um indicador ácido-base. Dessa forma, uma vez que se conhece a concentração do titulante e a relação estequiométrica dessa reação, pode-se determinar a concentração do analito no meio. Além do que foi descrito, os estudantes podem também descrever algumas etapas da titulação.

Essas são perguntas introdutórias para começar a discussão com os estudantes sobre os conceitos importantes para a compreensão do Tema. Atividades de ordem cognitiva superior serão trabalhadas mais à frente pela resolução dos exercícios da seção **Atividades**. Além disso, essas perguntas permitem verificar e ajudar os estudantes a desenvolverem algumas habilidades preconizadas pela BNCC. Os entendimentos sobre densidade, temperaturas de fusão e de ebulição e suas importâncias para a identificação de substâncias, bem como para diferenciá-las das misturas, permitem o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT307**, conceitos que fornecem subsídios para os estudantes avaliarem a adequação do uso dos materiais em diferentes aplicações. Os entendimentos sobre os efeitos crioscópico e ebulioscópico permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** e da **Competência Geral 2** – uma vez que o uso destes conhecimentos possibilita ao estudante a interpretação de fenômenos físicos no cotidiano. Atente se os estudantes compreenderam, além dos conceitos, como se realizam as medidas experimentais de densidade, de concentração, o papel da titulação e o papel das curvas de aquecimento de substâncias e misturas, permitindo desenvolver a compreensão acerca dos procedimentos realizados para a análise de amostras, favorecendo assim o desenvolvimento da **Competência Geral 7**. Além disso, as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301** serão mobilizadas, uma vez que o estudante terá contato com ferramentas teóricas as quais lhe possibilitarão compreender o mundo ao seu redor para além do seu cotidiano. Ao discutir sobre titulação, auxilie-os nos cálculos de concentração do analito em cada situação. Além disso, procure discutir a forma em que o indicador (se houver) se faz presente na mistura reacional, especialmente no ponto final da titulação. Em titulações colorimétricas envolvendo uma reação ácido-base, em que durante o processo ocorre o aumento do pH, pode-se empregar fenolftaleína como indicador do ponto final da reação. Esse indicador ácido-base transfere íons H^+ para a base adicionada à solução, deixando a solução com coloração rósea em pH $>$ 8.

Saliente à turma a necessidade de cuidado ao proceder com a titulação para alcançar o ponto final correto, uma vez que é por meio desse valor que será obtida a concentração do analito. Na titulação com fenolftaleína, o procedimento atinge o ponto final quando a solução apresenta uma coloração rósea suave – como representado pela figura a seguir, no erlenmeyer da direita. Quando este volume é excedido, um maior número de moléculas de fenolftaleína desprotonada é formado, intensificando a coloração (erlenmeyer da esquerda), indicando que o volume necessário para a titulação foi excedido.

MARTYN F. CHILLMAID/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Ponto final excedido (à esquerda) e ponto final adequado (à direita) de uma titulação ácido-base com a fenolftaleína como indicador.

Além de mostrar a imagem, você também pode fazer o experimento para mostrar o ponto final de uma titulação, caso a escola tenha um laboratório.

As formas de representar a concentração e o procedimento de diluição são centrais nesse Tema. Compreendê-los permite o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**, uma vez que os estudantes devem utilizar o conhecimento científico para estimar ou prever resultados por meio de cálculos, empregando-os na solução de problemas.

A seguir, trazemos alguns comentários teóricos que podem ajudar a discutir e trabalhar os tópicos ensinados com os estudantes.

Sobre a presença de etanol na gasolina brasileira, você pode comentar com os estudantes que seu papel é atuar como antidetonante em substituição a substâncias potencialmente tóxicas, proibidas pela legislação, como o tetraetilchumbo. A quantidade de etanol na gasolina é determinada e regulada pela ANP e pode comprometer a qualidade do produto que chega aos consumidores brasileiros. A prática experimental proposta por Dazzani *et al.* (2003) se baseia na determinação da concentração de etanol na gasolina por meio de sua extração com água, permitindo trabalhar conceitos como misturas homogêneas e heterogêneas, solubilidade, interações intermoleculares, polaridade, concentração e densidade. Uma das atividades se baseia na medição da densidade da mistura água com etanol. A referência completa do artigo está indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Outro texto, que pode ser utilizado para seu aprofundamento, é o artigo de Gomes (1998), também indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Nele, há uma reflexão importante sobre "Por que 'gastar tempo' com o tema propriedades específicas?" no ensino de Química. O autor propõe que esse é um tema estruturante da Química, essencial para a compreensão de uma diversidade de fenômenos e conceitos ao longo do curso. Apesar de descontextualizado das orientações curriculares atuais, permite refletir sobre diversos contextos educacionais e sobre a dificuldade quanto às interpretações macroscópica e submicroscópica dessas propriedades pelos estudantes, além da importância de ter esses conceitos estruturantes claros.

Entre os problemas de ensino-aprendizagem sobre o Tema, estudos em ensino de Química apontam algumas dificuldades conceituais que os estudantes podem apresentar e merecem sua atenção. Primeiramente, há uma confusão conceitual entre o que seria uma substância simples e um

CÓPIA

elemento químico, já que historicamente esses dois conceitos já foram considerados equivalentes, sendo ambos definidos em uma perspectiva macroscópica da matéria. Outra confusão constitui o entendimento da expressão "substância química". No cotidiano, os estudantes tendem a associar a palavra substância a uma coisa, material ou elemento. Já "mistura" é tido como sinônimo de misturar as coisas. Além disso, há uma tendência em associar substância à fase, ou seja, se há duas fases, então há duas substâncias. Frequentemente, os estudantes descrevem o leite e o sangue como uma mistura homogênea, pois, a olhou nu, não se percebe mais de uma fase. Dessa forma, recomenda-se esclarecer tais confusões, caso elas apareçam.

Nessa discussão, considerando os diferentes níveis de compreensão do conhecimento químico (fenomenológico, representacional e conceitual), os atributos das imagens podem ser muito significativos e possuem inegável potencial pedagógico. Dessa forma, destacamos as **figuras 1.1** e **1.2** do Livro do estudante que pode auxiliar a conceituar, no nível teórico-conceitual, as diferenças entre misturas homogêneas e heterogêneas.

A palavra "densidade", por sua vez, apresenta uma variedade de significados que podem dificultar a aprendizagem dos estudantes. Densidade, no cotidiano, é usada de forma distinta da que usamos na Química, podendo dar ideia de concentração, intensidade, profundidade, distribuição, cálculos de probabilidade etc. Jargões relacionando densidade ao peso e à viscosidade, como no caso do petróleo, também podem confundir os estudantes. Dessa forma, é imprescindível definir densidade como a distribuição do número de partículas de um material no volume que ele ocupa, a qual pode ser calculada pela razão entre a quantidade de massa contida em um determinado volume. Apesar disso, evite ênfases apenas nos cálculos matemáticos. Isso pode levar ao entendimento da definição matemática da densidade pelos estudantes, mas não a uma conceituação apropriada e contextualizada como o Livro do estudante se propõe a trabalhar. Alguns estudos têm demonstrado que os estudantes saem do Ensino Médio sabendo realizar cálculos sobre várias grandezas químicas, mas apresentando uma fraqueza conceitual para explicar os fenômenos locais ou globais. Para uma análise mais crítica do termo "densidade", consulte o trabalho de Rossi *et al.* (2008).

Frequentemente, os estudantes apresentam dificuldades com os inúmeros cálculos matemáticos presentes neste Tema, além da análise de muitos dos gráficos apresentados. Se julgar necessário, consulte e planeje com o professor de **Matemática** estratégias para superar essas dificuldades.

Se desejar e houver disponibilidade, o trabalho de Barros e Magalhães (2013) propõe um experimento simples para a discussão do efeito crioscópico com os estudantes. Além disso, mesmo que não realize o experimento, o artigo se aprofunda nas discussões sobre os aspectos atômico-moleculares e termodinâmicos do efeito, constituindo um excelente material de aprofundamento, e sua referência completa está indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Ao final de todas as discussões e da sistematização em sala, solicite a cada estudante que, individualmente, resolva os exercícios da seção **Atividades** presente no Livro do estudante e os entregue em uma folha avulsa. Promova uma avaliação formativa em cada atividade entregue por eles, destacando os aspectos positivos e as compreensões errôneas. Ao final, promova uma avaliação com toda a sala utilizando o quadro de giz para pontuar as principais dificuldades e os erros conceituais que ainda persistiram. Só depois passe para a próxima etapa.

- **4ª etapa**

A última etapa tem como foco a avaliação da aprendizagem e a retomada do estudo de caso. Com os conhecimentos sistematizados, é possível que os estudantes já apresentem uma compreensão adequada sobre o caso e que sua resolução já tenha sido comentada em sala de aula durante as 2ª e 3ª etapas. De qualquer forma, você pode usar esse momento para retomar o caso e verificar as estratégias que os grupos usaram para identificar as adulterações no etanol e leite comerciais.

A estratégia de avaliação sugerida é a formulação de postagens, em redes sociais, pelos estudantes para conscientização das pessoas sobre a importância dos padrões de qualidade de alimentos, combustíveis e bebidas. Para isso, organize uma ida até a sala de Informática e peça que os estudantes, baseando-se nos conhecimentos aprendidos e em pesquisas suplementares nos *sites* da ANP e do Mapa, produzam *folders* de divulgação, informando os parâmetros de qualidade e os riscos de consumir produtos adulterados. Antes de divulgar nas redes sociais, valide as informações produzidas pelos estudantes e só então proceda para a etapa de divulgação. Essa estratégia, além de funcionar como um momento de avaliação e sistematização dos conhecimentos, habilidades e competências desenvolvidos durante o estudo do Tema, também pode favorecer o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 10**, propiciando a reflexão sobre o impacto que suas decisões têm nos grupos e na sociedade.

Finalize o Tema incentivando os estudantes a refletirem sobre a questão do **Reflita sobre seu aprendizado!**, favorecendo o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1**, como também da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Tema 2 – Técnicas de separação de misturas e análise química

Objetivos de aprendizagem

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

- Prever as reações químicas de precipitação com base na solubilidade dos compostos.
- Reconhecer sistemas em equilíbrio químico heterogêneo.
- Relacionar o valor numérico do produto de solubilidade (K_s) e a solubilidade em quantidade de matéria (*s*) dos sais em água.
- Reconhecer os processos de separação de misturas como resultado da aplicação do conhecimento sobre as propriedades físico-químicas dos materiais.
- Relacionar propriedades físico-químicas dos materiais, as interações moleculares e as técnicas cromatográficas.

EM ANÁLISE

Subsídios para o planejamento

O Tema 2 deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**. O foco de estudo desse Tema consiste na identificação das reações químicas de precipitação, baseando-se na solubilidade dos compostos, bem como no reconhecimento dos processos de separação de uma mistura. Sugere-se, como estratégia didática para trabalhar o Tema 2, utilizar os Três Momentos Pedagógicos (TMP). Esse tipo de abordagem didática permite que o professor apresente aos estudantes problemas que estão relacionados com a sua realidade, tendo o professor como um mediador entre o conhecimento científico estudado em sala de aula e a realidade do estudante.

Os TMPs consistem em: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. No primeiro momento, deve-se apresentar aos estudantes um problema real em que eles possam estar envolvidos de alguma forma. Nesse momento, os estudantes devem fazer uma discussão e expor sua opinião e seus conhecimentos relacionados à problematização levantada; o professor organiza a discussão, explorando explicações contraditórias e mostrando as limitações no conhecimento expresso pelos estudantes, de modo que eles reconheçam a necessidade de se aprofundar no assunto. No segundo momento, devem-se estudar os conceitos necessários para a compreensão dos problemas propostos inicialmente. Para isso, o professor deve oferecer diferentes recursos para sistematizar o conhecimento, tais como a leitura do Livro do estudante, a realização de experimentação e simulação, fazer uso de vídeos, expor oralmente o conteúdo, entre outras estratégias. O terceiro e último momento, consiste em habilitar os estudantes para utilizar o que foi estudado em sala de aula, a fim de compreender a problematização inicial e também para explicar outras situações que envolvam esses conhecimentos. Para saber mais sobre essa estratégia de ensino, consulte o trabalho desenvolvido por Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

• Problematização inicial

Para iniciar a problematização e contextualizar o Tema 2, forme pequenos grupos de estudo e oriente que façam a leitura do texto introdutório do Tema no Livro do estudante sobre o uso de contraste composto de sulfato de bário ($BaSO_4$), utilizado na Medicina para visualização de estruturas de tecidos moles, por exemplo, o trato digestivo. Se considerar pertinente, disponibilize também o relatório da Anvisa indicado no **Fique por dentro**, especificamente o tópico "Óbitos pelo uso do contraste radiológico Celobar". Além de complementar o conteúdo, é um exercício que favorece o uso de tecnologias digitais e o desenvolvimento da **Competência Geral 5**. Após a leitura dos textos, faça os seguintes questionamentos: "O que você entendeu sobre o texto lido?"; "O que mais chamou a sua atenção?". Peça que os estudantes façam a discussão em grupos e, posteriormente, compartilhem as conclusões com a turma. Esse tipo de estratégia estimula os estudantes a pensar sobre o assunto e a levantar suas concepções prévias. Além disso, o trabalho em grupo contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**, quando o estudante passa a avaliar a toxicidade de substâncias químicas para a saúde humana, e das **Competências Gerais 4 e 9**, já que eles devem praticar o diálogo, expressar as ideias com clareza e cooperar com os colegas.

Em grupos, peça aos estudantes que discutam as questões sem consultar o material, de modo que eles percebam a importância de aprofundar os estudos a fim de compreender os motivos que causaram as mortes pelo uso de contraste radiológico. Partindo das discussões sobre o uso de contraste composto de sulfato de bário, faça os seguintes questionamentos para orientar a dinâmica do momento pedagógico:

- Qual é o conceito central envolvido no problema abordado?

  R: O problema descrito na abertura do Tema relaciona-se principalmente com o conceito solubilidade de sais.

- Se o bário pode causar efeitos tóxicos ao organismo, por que não há riscos em empregar $BaSO_4$ como agente de contraste, ao contrário do $BaCO_3$?

  R: Nas condições em que o $BaSO_4$ é empregado, ele não se solubiliza, ao contrário do $BaCO_3$, que solubiliza em meio ácido liberando íons bário. Assim, esse íons ficam disponíveis em solução e podem ser absorvidos pelo organismo.

Esses questionamentos favorecem o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 2 e 7**, pois permitem que os estudantes utilizem conhecimentos científicos para entender e explicar o problema proposto a fim de criar possíveis soluções, bem como desenvolver a capacidade argumentativa para defender seu ponto de vista. Nesse momento, pode ser que os estudantes não consigam relacionar imediatamente a problematização inicial com os conceitos de solubilidade de compostos iônicos, reações de precipitação e produto de solubilidade; motive-os a estudar os conceitos abordados nesse Tema.

• Organização do conhecimento

Ainda em grupos, solicite que façam a leitura e o resumo individual do Tema 2. Informe que, quando todos os integrantes do grupo concluírem o resumo, eles deverão compartilhar suas ideias e, em uma folha avulsa, a ser entregue, devem escrever as ideias principais envolvidas no texto lido e o que o grupo não conseguiu entender. Em seguida, faça uma discussão com os estudantes sobre os tópicos abordados no Tema 2 e peça que cada grupo exponha as ideias principais. Anote as informações no quadro de giz e incentive-os a responder às eventuais dúvidas levantadas pelos colegas.

Se possível, leve os estudantes ao laboratório de Informática para que eles explorem as simulações interativas indicadas no **Fique por dentro**. Isso pode auxiliá-los na compreensão dos conceitos de solubilidade de compostos iônicos, equilíbrio químico e polaridade, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**. O uso dessa estratégia favorece, também, a mobilização da **Competência Geral 2** e da habilidade **EM13CNT301**, uma vez que os estudantes deverão interpretar modelos explicativos para justificar suas conclusões acerca de um problema sob o ponto de vista científico. Além disso, o uso de tecnologias digitais favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

Durante toda a discussão, reforce a importância da utilização dos conceitos e termos científicos para responder aos questionamentos propostos, auxiliando na assimilação dos conceitos. Essa estratégia é relevante, visto que o estudo realizado por Oliveira, Gouveia e Quadros (2009) mostrou que

EM MODERNA

estudantes do Ensino Médio tendem a não compreender a linguagem química e o termo "solubilidade", além de que a maioria dos estudantes utiliza termos comuns do cotidiano para se expressarem, indicando que os conhecimentos científicos estudados não foram assimilados. Se desejar ler na íntegra o artigo para ampliar seu conhecimento, consulte a referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Quando for abordar o subtópico **Obtenção de substâncias insolúveis por precipitação e filtração**, pode-se realizar um experimento demonstrativo investigativo, utilizando alguns sais, como: nitrato de magnésio, sulfato de cobre(II), carbonato de cálcio e cloreto de sódio. Oriente os estudantes a buscarem dados de solubilidade como K_s, gráficos de solubilidade ou a solubilidade em quantidade de matéria para cada um desses sais. Baseado nos dados coletados, peça que os estudantes levantem hipóteses sobre o que deve acontecer quando esses sais são adicionados a um recipiente contendo água. Se considerar pertinente, peça que representem as dissoluções para cada caso. O que se espera nessa demonstração é que os estudantes consigam prever a solubilidade das espécies em água, contribuindo para a mobilização das habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104** e **EM13CNT301**.

Ao abordar o conceito de produto de solubilidade, fique atento quanto às concepções apresentadas pelos estudantes sobre o termo equilíbrio, pois grande parte dessas ideias pode estar relacionada ao equilíbrio mecânico – experiências como andar de bicicleta ou observar uma balança, o que pode causar dificuldades na aprendizagem do conceito de equilíbrio químico. De modo geral, os estudantes associam o termo "equilíbrio" a um momento em que não ocorre mais reação química. Os autores Machado e Aragão (1996), em artigo indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, discutem sobre as concepções que os estudantes do Ensino Médio apresentam sobre equilíbrio químico, além de destacar alguns aspectos que podem ajudar na compreensão desse conceito, como a igualdade das taxas das reações de formação de produtos e de reconstituição de reagentes; a reversibilidade das reações; a coexistência de reagentes e produtos em um mesmo recipiente; e a dinâmica existente na reorganização constante dos reagentes e produtos envolvidos na reação. Reforce que, no equilíbrio de solubilidade, a seta dupla indica que a transformação ocorre nos dois sentidos da equação, de modo que, da esquerda para a direita, ocorre a dissociação iônica, e da direita para a esquerda, há formação de sólido iônico.

Quando for comentar as diferentes técnicas de separação, questione os estudantes sobre quais as técnicas de separação que eles ou seus familiares utilizam no dia a dia. Nesse momento, espera-se que eles se lembrem de atividades como catar feijão, coar café, peneirar areia, entre outras.

Ao discutir o conceito de polaridade da molécula, reforce que é necessário analisar a polaridade das ligações químicas e também a geometria molecular. Isso porque, de acordo com o estudo realizado por Fernandez e Marcondes (2006), os estudantes podem apresentar dificuldade na visualização tridimensional das estruturas, gerando, então, concepções alternativas sobre geometria e polaridade. Se julgar necessário aprofundar seus conhecimentos, consulte o artigo mencionado, cuja referência completa está na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Com o intuito de facilitar a compreensão do conceito de polaridade e técnicas de separação, assim como os fundamentos teóricos das técnicas cromatográficas, você pode propor a *Atividade complementar* indicada adiante, que consiste na realização da técnica de cromatografia em papel, favorecendo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**, pois os estudantes terão que analisar as propriedades dos materiais e aplicá-las na técnica em questão. Antes de iniciar o experimento, organize a turma em grupos, explique o objetivo da atividade e peça que os estudantes respondam às perguntas do **Prepare-se!**. Em seguida, discuta as respostas dadas às questões e leia juntamente com os estudantes a lista dos materiais e o passo a passo do procedimento. A prática deve ser realizada, idealmente, no laboratório de Química; mas se sua escola não dispuser de um, realize-a em local bem ventilado, pois o álcool etílico é volátil. Ao finalizarem o procedimento, oriente os estudantes a responderem às questões do **Discuta com seus colegas**. A *Atividade complementar* estimula as subdimensões escuta e expressão da **Competência Geral 4**, uma vez que os estudantes são convocados a compartilharem suas conclusões a partir de dados, e isso favorece a **Competência Geral 7**, além de mobilizar a **Competência Geral 2**, já que recorre à abordagem própria das Ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, bem como a elaboração e o teste de hipóteses.

- **Aplicação do conhecimento**

A aplicação do conhecimento será trabalhada em duas etapas. Na primeira, oriente os grupos a retomarem as questões propostas durante o momento *Problematização inicial* e peça que registrem suas respostas a cada uma das perguntas em uma folha avulsa, a ser entregue ao final da atividade. Passe pelos grupos para sanar qualquer dúvida que surgir e, depois, faça a discussão das questões, de modo que os grupos exponham suas respostas.

A realização das questões da seção **Atividades**, permite verificar eventuais dúvidas que ainda persistem do estudo. Faça a correção ou, se julgar interessante, convide os grupos a apresentarem no quadro de giz como chegaram às respostas. Esse momento contribui para o desenvolvimento da **Competência Geral 4**.

Na segunda etapa, os estudantes devem produzir cartazes com a finalidade de divulgar para a comunidade escolar o que foi estudado no Tema 2. A ideia é utilizar a notícia das mortes causadas por intoxicação por bário, mostrada na problematização inicial, como tópico norteador da exposição. O tema sugerido é: Como os conceitos químicos podem nos ajudar a evitar tragédias? A partir disso, com a sua ajuda, os estudantes devem selecionar os principais conceitos químicos estudados no Tema para produzir o material. Auxilie os estudantes com as pesquisas e a produção dos cartazes. Os cartazes podem ser divulgados por meio de uma exposição na escola. Essa abordagem favorece o trabalho com as **Competências Gerais 1 e 4** e a habilidade **EM13LP16**, uma vez que incentiva a produção de textos orais, aplicando o conhecimento adquirido, e requer a utilização de elementos linguísticos relativos à fala, à expressão facial e à postura corporal.

REPRODUÇÃO

Para finalizar o Tema, incentive os estudantes a refletirem sobre a questão do **Reflita sobre seu aprendizado!**, favorecendo o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e também o da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Atividade complementar

Cromatografia em papel

A cromatografia é uma técnica de separação adequada para ilustrar os conceitos de interações intermoleculares e polaridade. Uma das modalidades é a cromatografia em papel, que consiste em uma técnica simples para analisar amostras em quantidades relativamente pequenas, aplicável principalmente na separação e identificação de compostos polares.

Antes de iniciar a atividade, peça à turma que se reúna em grupos, leia todo o procedimento e consulte o infográfico **Segurança no laboratório**, no início do Livro do estudante.

Objetivo

- Separar os componentes presentes na tinta de uma caneta hidrográfica.

Cuidados: segurança e descarte

Mantenha a solução etanólica longe de qualquer fonte de fogo.

Dê preferência para os copos transparentes, pois facilitam a observação da separação da mistura. Os copos devem ser lavados e podem ser reutilizados em outras atividades práticas.

A solução etanólica utilizada na atividade pode ser descartada na pia e as tiras de papel-filtro podem ser descartadas no lixo comum.

Material

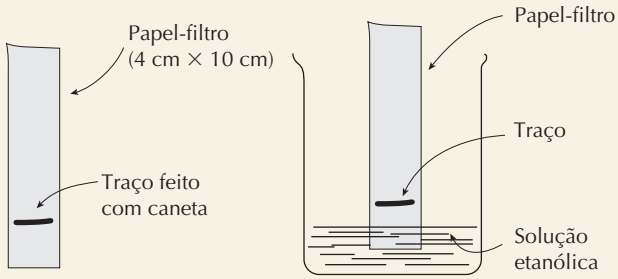
- Canetas hidrográficas de cores diferentes
- Álcool etílico (etanol) 92,8 °INPM (vendido em farmácias)
- Béquer de 250 mL (pode ser usado copo descartável ou copo de vidro)
- Tiras de papel-filtro (pode ser usado papel-filtro de café)
- Filme de PVC usado para embalar alimentos

Prepare-se!

1. O que você espera que aconteça com a tinta da caneta ao entrar em contato com a solução etanólica?
2. Quais conceitos químicos você acredita que estão envolvidos na técnica de cromatografia em papel?

Procedimento

- Coloque uma pequena quantidade de solução etanólica no fundo do béquer (ou copo) e feche com o filme de PVC.
- Em seguida, pegue o papel-filtro, meça a distância de um dedo da borda e faça uma bolinha ou um traço com a caneta de sua preferência. Repita isso algumas vezes sobre o mesmo ponto ou traço para descarregar uma quantidade maior de tinta.
- Coloque o papel-filtro já marcado dentro do béquer, tomando cuidado para que a marca feita por você não toque diretamente o líquido, como mostra a figura a seguir.



Representação do esquema de montagem da cromatografia em papel.

- Feche o béquer com o filme de PVC a fim de manter dentro dele uma atmosfera saturada de etanol.
- Observe o que acontecerá.

Discuta com seus colegas

1. A previsão levantada na questão 1 do **Prepare-se!** foi confirmada? Explique.
2. Por que diferentes cores são observadas em posições diferentes do papel?
3. Dois corantes alimentícios artificiais de cor amarela são o amarelo crepúsculo e a tartrazina. A cromatografia em papel poderia ser utilizada para verificar se o corante amarelo usado em um alimento é uma dessas duas substâncias? Explique.

Fonte consultada: LISBOA, J. C. F. Investigando tintas de canetas utilizando cromatografia em papel. *Química Nova na Escola*, n. 7, p. 39-40, 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc07/exper3.pdf>. Acesso em: 9 set. 2020.

• Resoluções da atividade complementar

Prepare-se!

1. Espera-se que os estudantes respondam que a tinta vai se dissolver. Eles podem inferir que, as moléculas que compõem o pigmento da caneta hidrocor devem ser polares, pois se dissolvem em água – solvente empregado nesse tipo de caneta. Assim, o etanol, também deve interagir com esses pigmentos, carregando-os conforme migra pelo papel e separando-os de acordo com a afinidade do pigmento pelo solvente. Ressalte, no entanto, que essa associação nem sempre corresponde à realidade. Para isso, mencione um exemplo visto no Tema anterior, a mistura etanol e gasolina. Esse sistema forma uma mistura homogênea, apesar de a maioria dos compostos presentes na gasolina ser apolar, pois o etanol pode ser considerado anfifílico.
2. Espera-se que os estudantes citem o conceito de polaridade das moléculas, estudado anteriormente. Além disso, poderão observar o fenômeno do deslocamento do solvente para cima na tira de papel-filtro, decorrentes das interações intermoleculares entre o etanol e a celulose do papel.

Discuta com seus colegas

1. Resposta variável. Espera-se que os estudantes tenham previsto a separação dos pigmentos presentes da tinta da caneta.

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

2. Espera-se que os estudantes compreendam que a tinta da caneta é, na verdade, uma mistura de diferentes pigmentos, cujas características moleculares e, portanto, suas interações com as fases móvel e estacionária são distintas. Diferentes cores são observadas em posições variadas no papel porque os pigmentos que interagem mais fortemente com a fase móvel são carregados por uma distância maior ao longo do papel, enquanto os pigmentos que interagem melhor com a fase estacionária ficam retidos antes.
3. Os estudantes devem responder que é possível utilizar a cromatografia em papel, pois é esperado que as substâncias interajam de forma diferente com as fases móvel e estacionária. Incentive-os a pesquisar as fórmulas estruturais das substâncias e verifique se eles reconhecem a necessidade de escolher como fase móvel um líquido em que as duas substâncias sejam solúveis, assim como de usar padrões (amostras das substâncias puras) para que se comparem os R_f.

Tema 3 – Hereditariedade e Biologia Forense

Objetivos de aprendizagem

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

- Compreender o desenvolvimento histórico das ideias relativas aos fenômenos fundamentais da hereditariedade pelos experimentos de cruzamentos realizados por Gregor Mendel.
- Reconhecer que cada um dos alelos de um par tem cópias presentes em metade dos gametas formados, aplicando esse conhecimento nos casos apresentados.
- Compreender que genes localizados em cromossomos diferentes se distribuem de modo independente na formação de gametas.
- Compreender e aplicar os conceitos de cromossomos homólogos, locos gênicos e alelos.
- Reconhecer a relação entre os conceitos de genótipo e fenótipo.
- Construir e analisar heredogramas.
- Compreender a herança de grupos sanguíneos humanos, relacionando-os a fenômenos da Biologia Forense.
- Utilizar fundamentos de probabilidade para calcular proporções fenotípicas esperadas em cruzamentos.
- Conhecer as aplicações práticas de técnicas da Biotecnologia, como tipagem sanguínea, eletroforese e DNA *fingerprint* na Biologia Forense.
- Estabelecer a integração entre áreas científicas, valorizando a história da Ciência e a relação entre Ciência e sociedade.

Subsídios para o planejamento

Este Tema deve ser conduzido pelo professor do componente curricular **Biologia**, pois aborda de forma ampla a Genética, uma das áreas da Biologia, a partir da hereditariedade e da Biologia Forense. Espera-se que os estudantes compreendam que a hereditariedade se baseia na transmissão de genes entre gerações, relacionada ao processo de divisão celular e à reprodução. Os conceitos trabalhados no Tema permitem entender como os genes estão relacionados a características fenotípicas de um indivíduo, aprofundando os conhecimentos acerca do processo de síntese proteica. Para tanto, os conceitos de DNA, gene, RNA, ribossomo, divisão celular e hereditariedade podem ser inter-relacionados, permitindo ao estudante vislumbrar a complexidade da vida e superar, mesmo em um nível básico de compreensão, a fragmentação que esses conceitos invariavelmente sofrem no ensino de Biologia. A compreensão dos conceitos abordados ao longo deste Tema também são importantes para os estudantes entenderem, acompanharem e participarem das discussões éticas acerca da manipulação do material genético, assuntos que devem envolver toda a sociedade. Para tratar a abrangência desses conteúdos desde uma visão histórica até uma perspectiva contemporânea, sugerimos que o tema seja trabalhado em duas etapas.

- **1ª etapa**

Inicie a aula utilizando a rotina de pensamento *Think pair share* (Pense e compartilhe em pares). Apresente os questionamentos a seguir e peça aos estudantes que respondam individualmente e, depois, compartilhem as respostas com um colega para complementá-las ou reelaborá-las.

1. Como a Ciência explica a diversidade de espécies do planeta e de características entre os indivíduos de uma mesma espécie?
2. Por que os filhos têm características semelhantes às dos pais?
3. Quais são os mecanismos que explicam a transmissão das informações genéticas de uma geração a outra?
4. Como um exame de DNA pode confirmar ou descartar a identidade de um pai desconhecido?

O objetivo principal nesse momento é fazer os estudantes refletir e se interessar por assuntos abordados neste Tema, discutindo as diferentes ideias e percepções com base nas questões. Por isso, depois de as duplas conversarem, o que favorece o trabalho com as **Competências Gerais 4 e 9**, peça que compartilhem com a turma suas conclusões. Procure identificar os pontos-chave que precisarão receber atenção ao longo do estudo do Tema. Se achar interessante, mostre imagens de variedades de indivíduos de uma mesma espécie, como gatos ou cachorros, para ilustrar. Ressalte as diferenças entre os indivíduos, principalmente em relação à cor e ao padrão da pelagem e questione como eles explicam a variabilidade entre indivíduos de uma mesma espécie. É provável que os estudantes tenham algum conhecimento a respeito do Tema, visto que as estruturas celulares relacionadas à genética e à hereditariedade, bem como as ideias de Mendel, já foram trabalhadas pelas habilidades **EF09CI08** e **EF09CI09** no Ensino Fundamental.

- **2ª etapa**

Para esta etapa, sugerimos o uso da metodologia da sala de aula invertida, que poderá ser aplicada a cada bloco de conceitos que serão vistos no Tema. Nessa proposta, combina-se o ensino presencial em sala de aula com o tempo de trabalho fora dela, durante o qual, de maneira autônoma, os estudantes pesquisam e estudam os conceitos propostos e trazem o assunto para ser discutido, refletido e utilizado em sala de aula.

Oriente os estudantes a lerem o texto do Tema no Livro do estudante e a responderem às questões da seção **Atividades**, que funcionarão como ferramenta auxiliar para a construção

MODERNA

do conhecimento. Além disso, peça que explorem o recurso virtual indicado a seguir, que, além de complementar o conteúdo, favorece o uso de tecnologia digital e o desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

- "Simulador Mendeliano" que oferece a oportunidade de observar os fenótipos (cores) das ervilhas, relacioná-los com seus respectivos genótipos e marcar suas taxas de ocorrência. (Disponível em: <http://eic.ifsc.usp.br/simulador-mendeliano/>. Acesso em: 8 set. 2020.)

Oriente os estudantes a anotar as dúvidas, o que chamou a atenção na leitura e no recurso virtual, bem como as ideias novas que surgirem. A metodologia da sala de aula invertida os torna protagonistas do próprio processo de aprendizagem, o que colabora para o desenvolvimento das subdimensões busca de informação e aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**.

Peça aos estudantes que compartilhem o que aprenderam no estudo realizado no período extraclasse. Na sequência, faça a correção coletiva dos exercícios da seção **Atividades**. Convide os estudantes a explicarem as resoluções, mostrando como chegaram às respostas. Fique atento para os possíveis equívocos e interfira quando considerar necessário, de modo a sanar as dúvidas dos estudantes.

É impossível estudar a hereditariedade sem falar das contribuições do monge cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884). Os experimentos de Mendel com o cruzamento das ervilhas são invariavelmente citados ao abordar as principais descobertas da Genética. Uma abordagem interessante para explorar a história e as contribuições desse cientista é dar destaque à contextualização histórica desse personagem, indo além do relato dos experimentos por ele realizados. A importância da História da Ciência para desenvolver uma imagem mais real da prática científica e de seus agentes é um consenso entre os educadores que trabalham com o ensino de Ciências. Para desmistificar estereótipos e visões equivocadas da prática científica, é fundamental mostrar que ela não é apenas um produto (o conhecimento científico), mas também um processo, exercido por pessoas inseridas em um contexto histórico, social e cultural que influencia sua atividade. Para aprofundar seus conhecimentos e o debate em sala de aula com os estudantes, consulte os artigos de Kovaleski e Araújo (2013), Leite (2004) e El-Hani (2016) indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Segundo esses trabalhos, o contexto histórico social em que Mendel viveu mostra que o convívio do monge cientista com diferentes coletivos de pensamento propiciou que ele encarasse de maneira original o problema da hereditariedade, ou seja, Mendel não era um gênio que realizava solitariamente seus experimentos, mas, sim, um produto de sua época e das interações sociais. Essa contextualização contribui para o aprofundamento da **Competência Geral 1** e da habilidade **EM13CNT205**, ao destacar que, além da observação dos dados empíricos, outros elementos estão presentes na construção do conhecimento científico, mobilizando, portanto, a subdimensão contextualização sociocultural do conhecimento.

Em relação aos pontos relevantes que podem ser destacados sobre os experimentos e as leis de Mendel, está a relação entre os caracteres das plantas de ervilha mostrado na **figura 3.1** do Livro do estudante. Ressalte que os sete caracteres estudados por Mendel transmitem-se de modo independente. Ao discutir a Segunda lei de Mendel, os estudantes poderão compreender a relação entre a herança genética e as leis da probabilidade – e, mais amplamente, compreender como a Matemática é uma ferramenta fundamental na Ciência e na Biologia. O apoio do professor do componente curricular **Matemática** pode ser interessante para aprofundar a discussão e promover o desenvolvimento das habilidades **EM13MAT311 e EM13MAT312**, associadas ao contexto de genética. Utilizar fundamentos de probabilidade, calculando proporções fenotípicas esperadas em cruzamentos, contribui ainda para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT205**.

Esteja atento também aos enunciados de questões que façam referência a duas ou mais características distintas, cada uma determinada por um par de alelos. Se houver a indicação de que esses pares de alelos se localizam em cromossomos diferentes, então se aplica a Segunda lei de Mendel; se estiverem localizados no mesmo par de cromossomos homólogos, as regras e proporções esperadas segundo a lei de Mendel não se aplicam. Nessa obra, não foram abordados os casos de ligação gênica. Também é importante reforçar que o efeito dos genes, para formar os fenótipos, depende também da ação do meio, o que inclui a interação entre os próprios genes.

Os conceitos de genótipo e fenótipo são importantes para entender os mecanismos da Genética, portanto é fundamental esclarecer possíveis equívocos de compreensão. É comum que os estudantes achem que os fenótipos dominantes sejam mais frequentes que os recessivos. Essa expectativa decorre da ideia de que, em uma população, os alelos dominantes são sempre mais frequentes ou pelo menos em igual número que os recessivos. Além disso, pode-se associar a palavra "dominante" à ideia de melhor, vantajoso, pela derivação do verbo "dominar" que utilizamos no dia a dia. Trata-se, no entanto, de uma concepção equivocada para a Genética. Um exemplo de alelo dominante com menor frequência na população é o relacionado com a polidactilia, que se refere à presença de mais de cinco dedos na mão e/ou no pé. Os alelos recessivos que se relacionam com o número padrão de dedos nas mãos e nos pés são mais frequentes na população, pois a maioria das pessoas possui cinco dedos em cada mão e pé, sendo homozigóticas recessivas para essa condição. Outro ponto bastante importante de ser destacado é que a maioria das características humanas visíveis e comuns (como cor dos olhos, do cabelo e da pele, presença ou ausência de covinha e outras) não apresenta um padrão simples de herança relacionado com um loco e dois alelos, sendo um dominante e outro recessivo. Desfazer essa ideia é necessário porque essas simplificações são bastante veiculadas quando se quer exemplificar um padrão de herança de uma característica humana. Além disso, é importante também para que os estudantes não incorram na ideia do determinismo genético, especialmente em relação às doenças, nas quais outros fatores, como o ambiente e o estilo de vida, são desconsiderados, como analisam McDonald (2011) e Camargo e Infante-Malachians (2007). Se desejar, consulte a referência completa desses trabalhos na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* para ampliar seu conhecimento.

REPRODUÇÃO

O trabalho com o tema dos grupos sanguíneos costuma despertar curiosidade e interesse dos estudantes, pois é um assunto que lhes diz respeito, já que cada pessoa pertence a um grupo sanguíneo, e frequentemente é um assunto abordado pela mídia, seja relacionado à doação de sangue ou à manutenção da saúde. É possível que os estudantes já tenham ouvido falar sobre a relação entre grupo sanguíneo e dietas alimentares ou propensão a doenças. Converse com eles e pontue que, apesar de haver livros e artigos que tratam desse assunto, ele é bastante controverso e não há um consenso da comunidade científica sobre essas relações, favorecendo dessa forma o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT304**.

Caso considere relevante, comente com os estudantes que a Sociedade Internacional de Transfusão Sanguínea (em inglês, ISBT) é uma comunidade científica internacional que, além de compartilhar conhecimento sobre Medicina transfusional, publica atualizações a respeito dos tipos de grupos sanguíneos eritrocitários. Segundo a publicação de 2018, existem 36 tipos de grupos sanguíneos que estão subdivididos de acordo com o tipo de antígeno que as hemácias (eritrócitos) apresentam na superfície da membrana. Esses antígenos são de grande interesse para a Medicina em função de riscos em transfusões sanguíneas por incompatibilidades entre o sangue doado e o de quem recebe, o que gera graves reações hemolíticas imediatas. Os sistemas sanguíneos apresentados no Livro do estudante (ABO e Rh) são os de maior importância transfusional devido à maior frequência dos antígenos na população. Nesse momento, incentive os estudantes a explorar o *site* indicado no **Fique por dentro**, pois, além de complementar o conteúdo abordado, favorece o trabalho com a **Competência Geral 5**, proporcionando aos estudantes a utilização de recursos multimídia para apoiar a aprendizagem. Se considerar relevante, comente que há outros tipos sanguíneos, como kell, duffy e kidd, que são menos frequentes, mas altamente imunogênicos e que podem dar problemas nas transfusões. Para mais informações, consulte o artigo de Guimarães (2018) indicado no *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Um dos principais objetivos do estudo dos grupos sanguíneos pela comunidade científica é aprimorar e ampliar o uso do sangue no tratamento de pessoas com doenças hematológicas e não hematológicas que recorrem a transplantes, quimioterapias, cirurgias de grande porte e traumatismos. No Brasil, existem leis e normas de segurança que regulamentam a coleta, o processamento, a estocagem, a distribuição e a aplicação do sangue. Pergunte aos estudantes se algum deles já doou sangue e peça que descrevam como foi o processo (menores de 18 anos só podem doar com consentimento formal dos responsáveis). Depois, questione se eles sabem como é feita a transfusão de sangue. É possível que respondam que o sangue total (da maneira como é coletado nos hemocentros) é injetado diretamente nas pessoas que dele necessitam. Isso ocorre, mas o sangue coletado pode ser fracionado, separando três de seus componentes: o plasma, as hemácias e as plaquetas, sendo cada uma das partes utilizadas em transfusões conforme as necessidades dos pacientes. Dessa forma, o fracionamento do sangue permite que mais de um receptor possa ser beneficiado a partir de uma única doação.

Quando se pensa em transfusão de sangue total, é relevante que haja compatibilidade entre as aglutininas do plasma do receptor com os aglutinogênios das hemácias do doador. No Livro do estudante, essa abordagem foi mantida e ampliada para a transfusão usando os componentes do sangue, o que traz interpretações diferentes de como se deve fazer uma transfusão segura, caso não se use o sangue total. Além disso, analisou-se a transfusão do plasma de um doador do grupo O, evidenciando que os receptores sofreriam reações de aglutinação, já que o plasma do sangue tipo O contém antígenos anti-A e anti-B. Questione os estudantes sobre o que poderia ocorrer se o plasma sanguíneo fosse de um doador do tipo AB. Espera-se que os estudantes percebam que, nesse caso, o plasma do sangue AB não contém esses anticorpos. Assim, nessa perspectiva, é equivocado considerar que o tipo sanguíneo O é sempre doador universal e o do tipo AB é sempre receptor universal, pois, considerando o componente do sangue que é doado, o papel de doador e receptor universais muda. O trabalho de mestrado de Souza (2019), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, propõe uma sequência didática sobre o tema. Caso julgue interessante, aproveite as ideias propostas para incrementar seu plano de aula.

Se tiver oportunidade e quiser aprofundar a questão da doação de sangue, bem como incentivá-la, solicite aos estudantes que busquem informações a respeito dos cuidados realizados na coleta, na triagem e no armazenamento de sangue destinado às transfusões. Peça também que pesquisem o hemocentro mais próximo da escola e discutam as iniciativas que poderiam estimular as doações de sangue, como campanhas de incentivo, organização de grupos de estudantes e funcionários da escola para a doação, entre outras. Os estudantes podem consultar o *site* do Ministério da Saúde, que fornece uma lista dos hemocentros no Brasil. (Disponível em: <https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/doacao-de-sangue/hemocentros-no-brasil>. Acesso em: 8 set. 2020.)

Outra ideia comum que se tem sobre a utilidade de saber o próprio tipo sanguíneo está relacionada a situações de transfusões de emergência. Talvez os estudantes achem que se precisarem de uma cirurgia de urgência por causa de um acidente, por exemplo, saber o tipo sanguíneo os poupariam de receber um sangue incompatível. No entanto, em caso de necessidade de transfusões sanguíneas, como determinado pela Anvisa, sempre se realiza um teste de tipagem, independentemente de constar em documentos, uniformes ou capacetes (como no caso de bombeiros, por exemplo).

A expressão Biologia Forense pode ser desconhecida dos estudantes, mas certamente eles já viram algum filme, alguma reportagem ou uma série com peritos ou investigadores criminais coletando provas para solucionar um crime. Apesar de atualmente ela estar frequentemente associada a tecnologias modernas e sofisticadas, como as mostradas no Livro do estudante, a Biologia Forense existe desde quando se começou a utilizar vestígios biológicos como provas para solucionar crimes, como explica o pesquisador americano Max Houck na palestra "Ciência Forense é história" (em tradução livre), de 2018, indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. A Ciência Forense, que é um conjunto de conhecimentos interdisciplinares e técnicas científicas utilizado para desvendar assuntos diversos, pode ser comparada a áreas do conhecimento relacionadas à História, como a Arqueologia, a Paleontologia e a Geologia, porque parte de vestígios de acontecimentos do passado para montar um quebra-cabeça a fim de explicar

REPRODUÇÃO

determinado momento, fato ou acontecimento. Segundo o especialista, a Ciência Forense utiliza vários princípios dessas áreas do conhecimento para nortear a forma de funcionamento e interpretação dos fatos, mas carece de um conjunto de princípios que melhore sua aplicação e impeça condenações injustas, como será discutido mais adiante.

Exiba aos estudantes o vídeo "Encontrando uma criminosa sem face" do canal do biólogo Átila Iamarino (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nxSK7USgvIs>. Acesso em: 8 set. 2020.). A partir de um exemplo real, o vídeo apresenta algumas informações sobre técnicas utilizadas pela Biologia Forense que podem servir de ponto de partida para a discussão. Oriente-os a identificar as técnicas citadas no vídeo (como a impressão digital, amostras de cabelo e fibras e o teste de DNA) e, a partir delas, discuta a respeito do que eles sabem de cada uma delas. Inicie a discussão explicando que todos os vestígios biológicos podem ser usados pela Biologia Forense, tais como células da pele, sêmen, plantas ou até mesmo insetos que estão visitando um corpo. A função principal da perícia científica é dar suporte às investigações relativas à justiça civil e criminal para confirmar autoria ou descartar o envolvimento de suspeitos. Além de serem importantes para o esclarecimento de crimes, a Biologia Forense também é empregada em análises da autenticidade de obras de arte e de documentos ou, ainda, exames de combustíveis adulterados. O trabalho de Sebastiany *et al.* (2013), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* propõe diferentes módulos didáticos com atividades experimentais que abordam temas da Ciência Forense relacionados aos conhecimentos científicos das áreas de Química, Física e Matemática. Essas atividades são interessantes para os estudantes compreenderem como outras áreas do conhecimento se relacionam com o tema, além de propiciar a participação em uma investigação científica simulada, caso seja proposto aos estudantes a resolução de um crime fictício. Assim, nesse caso, seria uma oportunidade de desenvolver a interdisciplinaridade, além da **Competência Geral 2** e da habilidade **EM13CNT301**.

Muitas das técnicas modernas empregadas atualmente na Biologia Forense foram desenvolvidas a partir da Biotecnologia, que, no sentido mais amplo, é uma área do conhecimento que desenvolve técnicas de manipulação de organismos com o objetivo de obter processos e produtos de interesse da sociedade. Segundo essa definição, a Biotecnologia vem sendo empregada pela humanidade há mais de 5 mil anos nos processos de fermentação, por exemplo. Atualmente, no entanto, ela inclui um conjunto de técnicas de Biologia molecular e celular, que envolvem Engenharia Genética, clonagem, células-tronco e sequenciamento de DNA. Todas essas tecnologias têm imposto à sociedade o debate e a reflexão por seus potenciais efeitos adversos à saúde humana e ao ambiente, assim como por suas implicações éticas.

Nessa perspectiva, uma questão relevante a ser discutida com os estudantes é a falibilidade do uso das técnicas da Biologia Forense na solução de crimes. Inicie a discussão com a última frase do vídeo "Encontrando uma criminosa sem rosto", que diz: "A chance de erro dos testes genéticos pode ser mínima, mas a chance de erros humanos é sempre muito maior". Essa contraposição é interessante porque evidencia aos estudantes que as técnicas forenses, como os testes genéticos, apontam informações que devem ser interpretadas e, principalmente, analisadas à luz de outras para formarem uma narrativa sobre determinado acontecimento ou fato. O vídeo "O perigo da má interpretação das evidências forenses" (em tradução livre), de 2018, de Ruth Morgan, diretora do Centro de Ciências Forenses da *University College London*, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* trata justamente disso, que as evidências forenses sozinhas não são a solução para desvendar crimes. No vídeo, Ruth Morgan conta que, em 2015, o Departamento Federal de Investigação dos Estados Unidos (FBI) fez um levantamento que identificou 268 casos em que fios de cabelos foram usados para incriminar suspeitos, e em 257 deles afirmações ou conclusões erradas foram feitas, ou seja, em 96% dos casos, evidências forenses foram mal interpretadas. A má interpretação, em última análise, pode levar um inocente à condenação, o que é algo gravíssimo. Assim, é importante que os estudantes compreendam os mecanismos básicos das técnicas de testes genéticos, mas também aprofundem a questão refletindo sobre as implicações de seus usos, o que estimula o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT304**.

Recomende aos estudantes a leitura do livro "Detetives do DNA" indicado na seção **Fique por dentro** do Livro do estudante. Essa leitura pode servir de aprofundamento do estudo do DNA e mostrar os usos que esse conhecimento possibilitou para a sociedade. Outra ferramenta interessante que pode ser usada é o jogo didático "Bases para biotecnologia e caminhos para eletroforese" elaborado por Santos e Santos (2020), que está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Ele propõe a realização de um jogo que simula a técnica da eletroforese e trabalha conceitos da Genética e da Biotecnologia, como gene, alterações cromossômicas, DNA, além de cálculos de probabilidade. Já para trabalhar com as técnicas de manipulação de DNA em sala de aula, sugerimos as ferramentas disponíveis na Biblioteca Digital de Ciências do Laboratório de Tecnologia Educacional da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), também indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

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**.

Tema 4 – Quantidade de movimento e impulso

Objetivos de aprendizagem

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

- Analisar conservações em sistemas que envolvam quantidade de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas.
- Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conhecimentos sobre a quantidade de movimento e impulso, além de interpretar modelos explicativos para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.

EM ABERTO

- Comunicar para públicos variados em diversos contextos resultados de experimentos elaborando textos de modo a promover debates em torno de temas científicos.
- Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas aplicando conhecimentos sobre quantidade de movimento e impulso, bem como comportamentos de segurança visando à integridade física individual e coletiva.

Subsídios para o planejamento

Este tema deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**. A proposta metodológica para a abordagem do Tema 4 é uma sequência didática, composta por três etapas, sendo a primeira etapa dedicada à abordagem do tópico quantidade de movimento ou momento linear e sua conservação, a segunda dedicada à abordagem do conceito de impulso e sua relação com a variação da quantidade de movimento e a terceira etapa é dedicada à abordagem da conservação da quantidade de movimento e sua aplicação no estudo das colisões.

• 1ª etapa – Quantidade de movimento e sua conservação

Quantidade de movimento ou momento linear, assim como seu processo de conservação, são conceitos que devem ser bem definidos porque "os estudantes têm dificuldade em observar o movimento do sistema pelo referencial do centro de massa, que tem velocidade constante" (SAAVEDRA *et al.*, 2008); isso pode fazer com que esses conceitos sejam confundidos com o conceito de força ou com o de energia.

Por essa razão, nesta primeira etapa, é importante fornecer uma base sólida acerca do conceito de quantidade de movimento discutido no Livro 1 da obra "*Principia*" (NEWTON, 2008). Em Física, Isaac Newton é mais conhecido por suas contribuições a respeito de força e movimento, mas em seus estudos ele apresentou o conceito de força a partir da ideia de quantidade de movimento. Por isso, propomos trabalhar com as definições apresentadas na obra do físico e matemático britânico Isaac Newton (1642-1727), mas antes disso é importante apresentar e contextualizar essa obra aos estudantes, abordando quatro aspectos:

- Os *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, conhecido simplesmente como *Principia*, é uma obra com três volumes, publicada em julho de 1687, por Isaac Newton.
- Isaac Newton foi um físico e matemático inglês que viveu durante os séculos XVII e XVIII. Fez importantes contribuições em diversas áreas da Física, principalmente para a Mecânica clássica.
- A obra *Principia* teve importantes contribuições do astrônomo e matemático britânico Edmond Halley (1656-1742), principalmente por meio de correspondências trocadas a respeito da lei da atração. Halley foi o editor responsável por publicar a obra.
- Na obra *Principia* são apresentadas as três leis do movimento, conhecidas hoje como leis de Newton, e a lei da Gravitação Universal.

A abordagem com elementos de uma fonte primária da História da Ciência possibilita desenvolver a **Competência Geral 1**, que diz respeito à valorização e à utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para entender e explicar a realidade. Assim, apresente algumas frases do próprio Newton, que aparecem no Livro 1 do *Principia* (NEWTON, 2008), sobre a definição da grandeza quantidade de movimento. Isso mostrará aos estudantes a importância dessa obra no estudo do movimento e uma ideia qualitativa do seu conceito, sem se prender inicialmente às relações matemáticas. Newton (2008, p. 40) começa sua discussão acerca do movimento dos corpos a partir da ideia de quantidade de movimento, introduzindo, implicitamente, a ideia relacionada à sua conservação. Elabore *slides* ou cartazes para apresentar as frases abaixo, retiradas do livro, que servirão de base para iniciar o debate com os estudantes.

1. O movimento do todo é a soma dos movimentos de todas as partes; portanto, em um corpo com o dobro da quantidade de massa, com igual velocidade, o movimento é duplo; com o dobro da velocidade, é quádruplo (NEWTON, 2008, p. 40).
2. Os corpos maiores dos planetas e cometas, encontrando menos resistência em espaços livres, preservam seus movimentos, tanto progressivo como circular, por um tempo muito maior (NEWTON, 2008, p. 53).
3. Se uma força gera um movimento, uma força dupla vai gerar um movimento duplo [...] (NEWTON, 2008, p. 54).
4. Se um corpo se choca com outro, e pela sua força muda o movimento desse, aquele corpo também [...] sofrerá uma mudança igual no seu próprio movimento, em direção à parte contrária (NEWTON, 2008, p. 54).

A cada frase, pergunte aos estudantes o que eles entenderam e veja se compreendem que "movimento", para Newton, tem o mesmo significado de "quantidade de movimento", o que tem relação com a evolução histórica desse conceito. Na primeira afirmação, em que Newton apresenta o conceito de quantidade de movimento, aproveite para exercitar a capacidade de generalização dos estudantes, utilizando questionamentos como: "Esse corpo com metade da velocidade terá a quantidade de movimento reduzida à metade?"; "Se esse corpo tivesse a massa e a velocidade dobradas, como ficaria a sua quantidade de movimento?". Esses questionamentos mostrarão aos estudantes a importância da massa e da velocidade para a determinação da quantidade de movimento.

A segunda afirmação faz menção à ideia de conservação da quantidade de movimento, afirmando que corpos maiores tendem a preservar por mais tempo seus movimentos. Peça aos estudantes que reflitam acerca dessa afirmação, para retomarem o conceito de inércia e quantidade de movimento. Procure utilizar exemplos entre corpos com maior e menor massa, como a comparação entre o movimento de um caminhão e o de uma bicicleta, entre outros.

A terceira afirmação trata da relação existente entre força e quantidade de movimento. Essa relação será melhor compreendida após a abordagem do conceito de impulso, que está diretamente relacionado ao conceito de força e caracteriza-se como variação do momento linear. Aproveite para explorar essa afirmação com os estudantes, analisando o fato de a força depender da massa dos corpos e, com isso, relacionar-se com o momento linear.

A quarta afirmação apresenta como o momento linear se comporta em colisões. A partir dessa afirmação, apresente

MODERNA

situações reais do cotidiano, como as colisões ocorridas nos jogos de sinuca, de uma massa contra a parede e entre dois ou mais carros.

Discuta sobre a importância desse conceito para a Ciência, questionando "como o movimento era tratado antes de Newton?". É importante informar aos estudantes que Newton e outros cientistas que viveram entre o século XVI e XVII contribuíram com novas concepções a respeito do movimento, superando as mais intuitivas de que ele só existia a partir da ação de uma força. Com isso, é interessante introduzir um breve histórico das noções de movimento a partir da visão aristotélica, apresentando, por exemplo, a Teoria do *Impetus*, que explica o movimento de projéteis no ar como consequência de uma força exercida pelas camadas de ar. Para essa abordagem, opte por contar essa história, trazendo exemplos e imagens que ajudem os estudantes a compreender o tema, ou sugira que eles próprios façam a leitura do texto "A evolução das concepções sobre força e movimento" (ZYLBERSTAJN, 2011), listado na seção de *Apoio ao trabalho pedagógico*, e discuta com eles sobre as principais concepções apresentadas sobre movimento.

Depois, sugira aos estudantes que leiam no Livro do estudante os tópicos **Quantidade de movimento**; **Impulso de uma força** e **Conservação da quantidade de movimento**. Neles, serão apresentados os conceitos e algumas relações quantitativas. Peça a eles que relacionem os conceitos vistos no livro com os termos usados por Newton em sua obra *Principia*. Apresente aos estudantes a equação que permite calcular o módulo da quantidade de movimento, resgatando os elementos anteriormente discutidos a partir do *Principia*. Proponha a eles que resolvam coletivamente os exemplos apresentados no Livro do estudante, o que promove o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, por meio da elaboração de hipóteses, estimativas e interpretação de dados, para justificar os exemplos propostos sob uma perspectiva científica. Incentive-os a explorar o *site* indicado na seção **Fique por dentro**, resolvendo as questões do ENEM e assistindo ao vídeo, pois, além de complementar o conteúdo abordado, favorece o trabalho com a **Competência Geral 5**, proporcionando aos estudantes a utilização de recursos multimídia para apoiar a aprendizagem.

• 2ª etapa – Impulso de uma força

O impulso de uma força é uma grandeza que relaciona a intensidade da força com o intervalo de tempo que ela age sobre um corpo. O seu módulo pode ser determinado a partir da área sob a curva de um gráfico da força em função do tempo.

Neste momento, apresente o teorema do impulso e a equação que permite calcular o módulo do impulso por meio da variação da quantidade de movimento. Discuta com os estudantes como as grandezas força, tempo, impulso e quantidade de movimento estão relacionadas. Peça a eles que formem duplas ou trios e resolvam uma sequência de dez exercícios que deverão ser respondidos em uma folha avulsa e entregue para avaliação do professor. Com essa atividade, serão desenvolvidas as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT301**, uma vez que os estudantes deverão analisar as transformações e as conservações de quantidade de movimento de situações cotidianas e elaborar questões, hipóteses, realizar previsões e estimativas para sua resolução.

Entregue aos grupos uma folha com as questões impressas ou as escreva no quadro. As questões sugeridas são as seguintes:

1. [Verdadeiro ou Falso] O impulso de uma força em um certo intervalo de tempo também pode ser expresso como variação da quantidade de movimento nesse mesmo intervalo de tempo.
R: Verdadeiro, de acordo com o teorema do impulso, o impulso da resultante das forças que age sobre um corpo em certo intervalo de tempo é igual à variação da quantidade de movimento do corpo nesse mesmo intervalo de tempo.

2. Qual deve ser o módulo do impulso de uma força exercida sobre um corpo com massa de 60 kg em repouso para que a sua velocidade chegue a 10 m s^{-1}?
R: Para um corpo com massa de 60 kg, temos:
$I = \Delta Q \Rightarrow I = mv_{final} - mv_{inicial} \Rightarrow I = 60 \cdot 10 - 60 \cdot 0$
$\therefore I = 600$ N s

3. Qual deve ser a intensidade dessa força, considerando que o tempo em que ela atuou sobre o corpo foi de 2 s?
R: Se o impulso, para um corpo com massa de 60 kg foi de 600 N s, então:
$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow 600 = F \cdot 2 \therefore F = 300$ N

4. Qual é o módulo do impulso de um corpo que sofreu a ação de uma força com intensidade de 10 N durante um intervalo de tempo de 3 s?
R: $I = F \cdot \Delta t \Rightarrow I = 10 \cdot 3 \therefore I = 30$ N s

5. Por quanto tempo é preciso aplicar uma força de intensidade de 10 N sobre uma bola de tênis com massa de 60 g, para que ela atinja uma velocidade de 50 m s^{-1}?
R: Pelo teorema do impulso, temos:
$I = \Delta Q \Rightarrow I = mv_{final} - mv_{inicial} \Rightarrow$
$\Rightarrow F \cdot \Delta t = mv_{final} - mv_{inicial} \Rightarrow 10 \cdot \Delta t = 0{,}06 \cdot 50$
$\therefore \Delta t = 0{,}3$ s

6. [Verdadeiro ou Falso] Se a variação da quantidade de movimento de uma bola de tênis é 10 N s, após ter sofrido a ação da força de uma raquete por 0,8 s, então o módulo dessa força é 8 N.
R: Falso. Se $\Delta Q = 10$ N s, *então* $I = 10$ N s, *logo:*
$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow 10 = F \cdot 0{,}8 \therefore F = 12{,}5$ N

7. [Verdadeiro ou Falso] A unidade de medida para o impulso é N s, equivalente a kg m s^{-1}.
R: Verdadeiro. Como 1 N = 1 kg m s^{-2}, *logo* N s *é equivalente a* kg m s^{-1}.

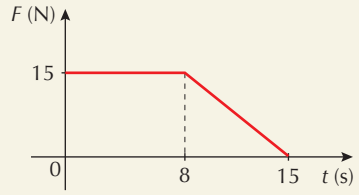
8. Durante um jogo de futebol, um jogador chuta a bola, aplicando sobre ela uma força de intensidade igual a $5 \cdot 10^2$ N durante um intervalo de tempo de 0,1 s. Calcule o módulo do impulso da força aplicada pelo jogador.
R: $I = F \cdot \Delta t \Rightarrow I = 5 \cdot 10^2 \cdot 0{,}1 \therefore I = 50$ N s

9. Uma força com intensidade de 6 N atuando sobre um objeto em movimento altera o módulo da sua quantidade de movimento em 3 kg m s^{-1}. Durante quanto tempo essa força atuou sobre esse objeto?
a) 1 s **c)** 0,25 s
b) 2 s **d)** 0,50 s
R: Alternativa ***d****. Pelo teorema do impulso, temos:*
$I = \Delta Q \Rightarrow F \cdot \Delta t = \Delta Q \Rightarrow 6 \cdot \Delta t = 3 \therefore \Delta t = 0{,}50$ s

MORENA

10. O gráfico a seguir representa a variação da intensidade da força aplicada sob um corpo em função do tempo:

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO



Calcule o módulo do impulso da força no intervalo de tempo de 15 s.

R: O módulo do impulso da força F é numericamente igual à área sob a curva do gráfico da força em função do tempo.

A área total é igual à soma da área do retângulo, de 0 a 8 s, com a área do triângulo no intervalo de 8 a 15 s.

A área do retângulo é:

$A_r = b \cdot h \Rightarrow A_r = 8 \cdot 15 \Rightarrow A_r = 120\ \text{N s}$

A área do triângulo é:

$A_t = \frac{b \cdot h}{2} \Rightarrow A_t = \frac{7 \cdot 15}{2} \therefore A_t = 52{,}5\ \text{N s}$

Somando os valores obtidos, temos:

$I = A_r + A_t \Rightarrow I = 120 + 52{,}5 \Rightarrow I = 172{,}5\ \text{N s}$

Faça uma correção das resoluções entregues pelos estudantes e, em uma aula seguinte, proponha uma correção coletiva. Durante a correção, procure esclarecer dúvidas e verificar o quanto eles se apropriaram dos conceitos de quantidade de movimento, impulso e conservação da quantidade de movimento.

• 3ª etapa – Colisões

Nesta etapa é necessário trazer para a sala de aula um pouco de massa de modelar e bolas de gude. Esses materiais auxiliarão a conceituar os tipos de colisões. Mostre aos estudantes que uma colisão inelástica é aquela em que o corpo se acopla ao outro, por exemplo, caso em que a massa de modelar fica grudada na parede ao ser arremessada contra ela. Por outro lado, as colisões elásticas são aquelas em que o corpo colide com outro e tem a sua direção de movimento alterada, situação que ocorre aproximadamente no choque entre bolas de gude ou entre bolas de bilhar.

Peça aos estudantes que leiam o tópico **Colisões elásticas e inelásticas** no Livro do estudante. Neste momento, reforce a importância do conceito de quantidade de movimento para o estudo das colisões. Peça a eles que definam o coeficiente de restituição (*e*) e como ele permite determinar se as colisões são perfeitamente elásticas, perfeitamente inelásticas e parcialmente elásticas, procurando elaborar exemplos em cada um dos casos. Nesse momento, os estudantes poderão resolver os exercícios propostos na seção **Atividades** em duplas ou trios. Fique atento às dúvidas em relação ao entendimento dos conceitos trabalhados e também ao enunciado dos exercícios. Ao final, proponha um momento coletivo de correção, discutindo as principais dificuldades encontradas.

Sugira aos estudantes que pensem nas colisões entre veículos e conversem a respeito da redução da velocidade em algumas vias e o impacto disso na redução dos danos em acidentes, peça ainda que analisem como os carros evoluíram em relação à segurança de pedestres e passageiros. Disponibilize as duas matérias para leitura, indicadas a seguir, e depois questione os estudantes: "Como os conceitos vistos no livro foram usados nesses casos?", "O conhecimento científico mudou as relações sociais ou a tecnologia quando o assunto é colisões?".

- Matéria 1 – Redução da velocidade de automóveis diminui o número de acidentes graves. *Gazeta do Povo, Curitiba*, 15 ago. 2015. (Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/reducao-da-velocidade-de-automoveis-diminui-o-numero-de-acidentes-graves-4e3zo1nan1vmwsquc2j34etk6/>. Acesso em: 8 set. 2020.)
- Matéria 2 – Carros antigos amassam menos, mas são menos seguros, *Estadão*, 31 jul. 2018. (Disponível em: <https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/carros-antigos-amassam-menos-mas-sao-menos-seguros/>. Acesso em: 8 set. 2020.)

Como a **Prática investigativa** sugerida no Livro do estudante trabalha o conceito de colisões e simula uma situação em que elas ocorrem, esse é o momento para realizá-la. O objetivo do trabalho é criar um projeto de cabine de um veículo que ofereça segurança aos "passageiros". Tanto a prática investigativa quanto o trabalho com as notícias são importantes para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**, porque propõe aos estudantes que avaliem os riscos envolvidos em atividades cotidianas aplicando conhecimentos de Física sobre quantidade de movimento e impulso, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física individual e coletiva. Por ser uma atividade investigativa, o estudante reforça a aprendizagem em relação à habilidade **EM13CNT301** ao construir questões, elaborar hipóteses, realizar previsões, empregar instrumentos digitais de medição e interpretar dados experimentais, a fim de avaliar o impacto das colisões em veículos sob uma perspectiva científica.

Peça aos estudantes que se reúnam em grupos de quatro integrantes para fazerem uma leitura da prática e responderem à questão proposta no tópico **Prepare-se**, que retoma os principais conceitos relacionados a colisões, e solicite que se organizem para a obtenção do material necessário para a realização da experiência.

Na aula seguinte, os estudantes poderão projetar a cabine do veículo no laboratório de Física ou na própria sala de aula, atentando para os cuidados ao manusear os materiais e mantendo o espaço limpo e organizado após a montagem. Nos procedimentos, é sugerido que seja feito um vídeo da queda, para que posteriormente possa ser analisado pelo *software* Tracker e, a partir dessa análise, seja elaborada uma planilha eletrônica e um gráfico com os dados fornecidos. Caso não conheça esse *software*, você poderá verificar o material do Tracker Brasil, disponibilizado no *Apoio ao trabalho pedagógico*, lembrando que outros vídeos e tutoriais também podem ser encontrados na internet. As questões do tópico **Discuta com seus colegas** podem orientar a análise de dados obtidos e poderão ser respondidas e entregues para avaliação, ou servirem como orientação para a elaboração de um relatório científico, contendo detalhes dos procedimentos de montagem e da análise de dados, bem como os principais resultados e conclusões obtidos pelos estudantes. A partir dessa proposta, é possível promover o desenvolvimento

REPRODUÇÃO

da habilidade **EM13CNT302**, pois os estudantes devem comunicar seus resultados experimentais e interpretar tabelas, gráficos e equações por meio de um *software*, para debater um tema tecnológico de relevância social. Também é possível promover as **Competências Gerais 4, 7 e 9**, pois eles terão que comunicar e argumentar, de maneira clara, aos colegas os resultados de experimentos com base em dados. Essa atividade promove também o desenvolvimento da **Competência Geral 2**, pois incentiva o exercício da curiosidade, da investigação, da reflexão, da análise crítica, da imaginação e da criatividade para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos de diferentes áreas.

Para finalizar, realize a rotina de pensamento *Think Pair Share* (Pense e Compartilhe em pares) para verificar o nível de compreensão dos estudantes sobre o tema. Peça a eles que respondam às questões a seguir, individualmente, extraídas do artigo de Bellucco e Carvalho (2014, p. 46) e, na sequência, compartilhem as respostas com um colega.

1. Qual é a máxima quantidade de movimento que você consegue transferir a uma bola durante um pênalti?
2. Consequentemente, qual é a velocidade adquirida pela bola logo após o chute?
3. Toda quantidade de movimento do pé é transferida à bola? Explique.
4. Discuta como a Matemática auxilia no entendimento e na resolução das situações descritas anteriormente.

Deixe os estudantes encontrarem soluções, apresentarem dúvidas e questionamentos e, quando perceber o momento apropriado, faça breves comentários com o intuito de suprir as dúvidas e corrigir possíveis erros conceituais. É importante que percebam as variáveis relevantes e atribuam valores aproximados para resolver os problemas abertos, assim, valores de massa e velocidade deverão ser próprios de cada dupla. Ao final da atividade, promova um momento coletivo para as duplas compartilharem suas conclusões e discutirem os caminhos para a resolução das questões, lembrando que, por serem problemas abertos, apresentam respostas abertas. O objetivo é a compreensão sobre a conservação da quantidade de movimento, a qualidade dos argumentos e das reflexões sobre o conteúdo e sobre a Matemática e seu papel no entendimento dos fenômenos e situações físicas.

Essa atividade promove o desenvolvimento da **Competência Geral 7**, pois os estudantes são levados a argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias e pontos de vista. Também, aprimora o trabalho com a habilidade **EM13CNT101** ao fazer os estudantes analisar conservações em sistemas que envolvam quantidade de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas.

Finalize o Tema convidando os estudantes a responderem às perguntas da seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, o que favorece o desenvolvimento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1**, como também da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Tema 5 - Óptica geométrica e instrumentos ópticos

Objetivos de aprendizagem

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

- Descrever como se dá o processo de propagação da luz, de modo a compreender os princípios da Óptica geométrica.
- Identificar as principais características dos fenômenos de reflexão e refração da luz, bem como os aspectos que os diferenciam.
- Representar esquematicamente raios luminosos incidentes em espelhos e lentes, de modo a identificar as características da imagem formada em cada caso.
- Descrever o funcionamento de instrumentos ópticos, de modo a compreender seus princípios de funcionamento a partir dos elementos da Óptica geométrica.
- Analisar questões, elaborar hipóteses e previsões usando conceitos de Óptica geométrica, além de interpretar dados para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- Analisar as propriedades ópticas de materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.
- Analisar o funcionamento de instrumentos ópticos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar os seus impactos sociais.

Subsídios para o planejamento

O Tema 5 deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física** e trata das propriedades da luz e dos fenômenos da Óptica geométrica, como reflexão e refração. A partir deles, será possível compreender o funcionamento dos espelhos planos e esféricos, das lentes e de outros instrumentos ópticos.

O estudo do Tema será desenvolvido em três etapas: o levantamento de concepções prévias dos estudantes a partir de um questionário e uma breve discussão fundamentada nas respostas dadas; em seguida, os estudantes farão o estudo de alguns temas, organizados em grupos para resolver tarefas em cada estação; e, por fim, farão a aplicação do conteúdo estudado, aprofundando-se no funcionamento de alguns instrumentos ópticos e na resolução de situações-problema.

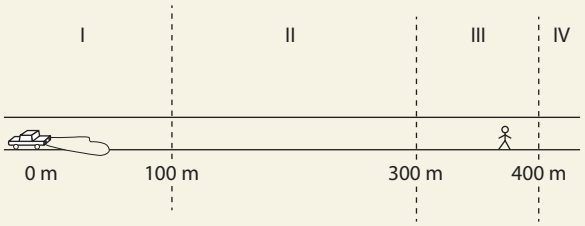
• 1ª etapa - Levantamento de concepções sobre luz e a natureza da luz

Proponha aos estudantes que respondam em duplas ou em trios as questões a seguir. Essa estratégia mobiliza as **Competências Gerais 4 e 9**, uma vez que eles são convidados a se expressarem com clareza e buscando entendimento mútuo com empatia. Distribua uma folha por grupo e peça que eles elaborem as respostas e as entreguem ao final da aula. Nas questões de múltipla escolha, proponha a eles que, além de escolher a alternativa que julgarem correta, também elaborem uma breve justificativa. Abaixo de cada questão, há uma breve explicação sobre o objetivo de cada uma das perguntas.

MODERNA

As questões 2 e 6 foram elaboradas por nós, e as demais foram selecionadas da atividade *"Diagnóstico de concepções sobre luz e visão"*, do Projeto Lumini. (Disponível em: <http://fap.if.usp.br/~lumini/e_avalia/diag/teste_diagn_luz_e_visao.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.)

1) Em uma noite limpa e escura, um carro está parado numa rua reta e plana. O carro está usando faróis baixos. Um pedestre, que está parado na rua, consegue ver as luzes do farol. A ilustração está dividida em quatro seções. Em quais seções há luz? Explique sua resposta.

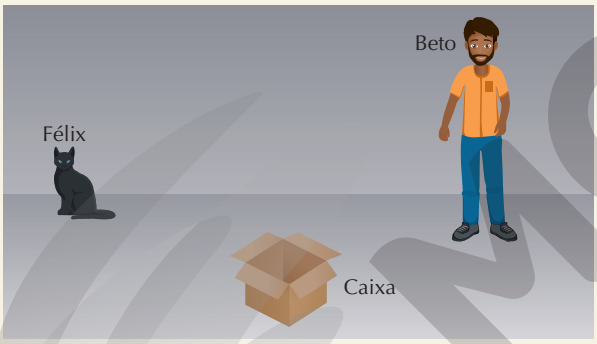


R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes a respeito da propagação da luz emitida pelo farol do carro.

2) Se ligarmos uma lanterna no espaço, a luz emitida chegaria a algum lugar? Por quê?

R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes sobre a propagação da luz no vácuo e se eles fazem alguma relação com a luz das estrelas, situadas a anos-luz de distância da Terra.

3) Beto e seu gato, Félix, estão numa sala completamente escura em que não há nenhuma luz.



Você acredita que Beto:

a) não é capaz de ver a caixa;

b) só consegue perceber a caixa;

c) vê a caixa com muita facilidade.

Explique a razão da sua escolha.

R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes a respeito da necessidade de haver luz para enxergarmos os objetos.

4) Da mesma forma como na questão anterior (a sala está completamente escura e não há luz). Você acredita que o gato Félix:

a) não é capaz de ver a caixa;

b) só consegue perceber a caixa;

c) vê a caixa com muita facilidade.

Explique a razão da sua escolha.

R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes sobre a crença popular de que alguns animais, geralmente gatos e cachorros, podem enxergar objetos em um ambiente sem luz.

5) No diagrama abaixo, Sueli vê a árvore. A luz do Sol ajuda Sueli a ver a árvore? Explique por quê.

R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes a respeito do caminho percorrido pela luz para que Sueli possa enxergar a árvore.

6) Como é possível vermos objetos ao nosso redor?

R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes a respeito da necessidade de haver a reflexão da luz que incide sobre um objeto, e depois chega aos nossos olhos, para que possamos enxergá-lo.

7) O que acontece com a luz quando ela atinge:

a) uma folha de papel;

b) um espelho;

c) um vidro transparente;

d) um vidro fosco.

R: Nesta questão, será observado o conhecimento dos estudantes a respeito do comportamento da luz ao incidir em diferentes meios materiais, podendo ser absorvida, refletida, absorvida parcialmente, refletida parcialmente, ou passar direto pelo meio material.

Após a entrega das respostas, faça a leitura delas para todos, para que os estudantes percebam concepções semelhantes ou até repetidas. Nesse sentido, Almeida *et al.* (2007) apresentam muitas dessas concepções, que aqui serão sintetizadas tendo em vista as questões propostas. De acordo com a pesquisa desses autores, quanto à natureza da luz, os estudantes costumam afirmar que a luz pode ser vista sem que a fonte esteja, necessariamente, na direção dos olhos do observador, todavia não consideram a reflexão da luz em partículas em suspensão no ar, o que pode gerar o espalhamento dos raios de luz. Outra concepção alternativa muito comum é a de que a luz se propaga por maiores distâncias no escuro ou quanto mais potente for a fonte, o que representa uma noção de alcance finito da luz; há, também, a ideia de que a fonte de luz emite apenas um feixe de luz, quando, na verdade, ela emite vários feixes em várias direções. É muito comum encontrar estudantes tratando a luz artificial e a luz do Sol de maneiras distintas, no que se refere à Óptica geométrica, como se elas se comportassem de modo diferente. Também é possível encontrar a ideia de luz como substância, como se fosse possível tomar um "banho de luz". Se julgar necessário, leia o artigo na íntegra; consulte a referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

No período extraclasse, peça aos estudantes que leiam os tópicos **Propagação da luz** e **Princípios da Óptica geométrica** do Livro do estudante. Em sala de aula, proponha uma roda de conversa para debater as questões e os modelos usados na elaboração das respostas. Sugira que os estudantes detalhem suas explicações e, se necessário, usem o quadro de giz para fazer esquemas e representações. Questione-os se a leitura dos tópicos do livro fez com que eles mudassem de ideia sobre a resposta de alguma questão.

Com a leitura dos tópicos e os questionamentos, os estudantes devem ser capazes de perceber possíveis fragilidades e incorreções em seus modelos explicativos sobre a propagação da luz. Para finalizar, proponha a discussão dos temas a seguir para aprofundar alguns conceitos e fenômenos envolvendo a luz.

- Converse sobre a diferença entre fonte primária e fonte secundária, citando exemplos para cada uma das fontes; por exemplo, o Sol é uma fonte primária; a Lua e os planetas que observamos à noite são fontes secundárias, pois são iluminados pelo Sol, cuja luz, quando incide sobre esses corpos, reflete em todas as direções, inclusive na direção da Terra, permitindo assim que sejam observados.
- Fale a respeito da diferença entre fonte puntiforme e fonte extensa. Um exemplo dessa diferença ocorre ao observarmos o céu. O Sol, pelo seu tamanho e sua distância em relação à Terra, é classificado como uma fonte extensa; já as demais estrelas que observamos, devido à distância em relação à Terra, são classificadas como fontes puntiformes.
- Debata sobre a importância da luz na visão humana, uma vez que para enxergar objetos ao nosso redor é necessário que haja luz incidindo sobre eles e refletindo na direção dos nossos olhos. Ao atingir o olho humano e por sua vez a retina, a luz é interpretada pelo cérebro, formando a imagem.
- Discuta sobre a definição de luz, como onda eletromagnética que sensibiliza nosso sistema visual, sendo classificada de acordo com a sua frequência dentro do espectro eletromagnético. Usando uma representação esquemática do espectro eletromagnético, mostre aos estudantes o intervalo de frequência que corresponde à luz visível. Questione-os por que nosso olho capta apenas essa frequência e, se julgar pertinente, discuta, também, sobre os animais que enxergam em outras frequências, como as abelhas e cobras, entre outros.

• 2ª etapa – Estudando fenômenos da luz

No início dessa etapa é interessante que os estudantes realizem a leitura e uma síntese dos principais conceitos abordados nos seguintes tópicos do Livro do estudante: **Reflexão em espelhos planos, Espelhos esféricos, Refração, Reflexão total** e **Lentes esféricas**. Se julgar interessante, incentive os estudantes a explorarem o simulador sugerido na seção **Fique por dentro** para ver como ocorre o desvio da luz ao percorrer dois meios com diferentes índices de refração. Além de complementar o conteúdo trabalhado, favorece o uso de tecnologias digitais e o desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

Para a abordagem desta parte do estudo, vamos trabalhar em equipes e a sala de aula deverá ser organizada em diferentes estações para formar uma espécie de circuito. Dessa forma, o estudante poderá entrar em contato com os conteúdos a serem trabalhados de diversas maneiras, conforme forem percorrendo as estações. Essa abordagem favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 4, 9 e 10**, pois incentiva o estudante a agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos e solidários. Para organizar a abordagem, sugerimos os seguintes passos:

1. Organize a sala de aula em quatro estações, que deverão conter as questões apresentadas na tarefa a seguir, o Livro do estudante e a síntese elaborada por eles em seus cadernos;
2. Organize os estudantes em grupos; cada grupo deverá ficar em uma estação;
3. Estabeleça um tempo mínimo de 25 minutos para os grupos permanecerem em cada estação. Sinalize o final do tempo e instrua-os a trocarem de estação. Essa rotação deve ser repetida até todos os grupos passarem por todas as estações;
4. Circule entre as estações esclarecendo dúvidas e garantindo o entendimento do conteúdo abordado;
5. Ao final, promova uma discussão sobre os conteúdos para concretizar a aprendizagem dos estudantes.

Nesta etapa, serão desenvolvidas as habilidades **EM13CNT301**, ao tratar dos conceitos de Óptica geométrica para a análise de questões e elaboração de hipóteses e previsões, além da interpretação de dados para obter conclusões a respeito de situações-problema sob uma perspectiva científica, e **EM13CNT307**, ao propor que os estudantes procurem exemplos, em que poderão analisar as propriedades ópticas de materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações cotidianas, industriais e tecnológicas.

Estação 1: Óptica geométrica

Tarefa:

1) Cite os três princípios da Óptica geométrica e exemplos de suas aplicações no cotidiano.
2) Mencione a lei da reflexão no espelho plano e como fazer para determinar a equivalência entre os ângulos de incidência e reflexão.
3) Descreva quais são as relações de simetria e de distância entre o objeto e a sua imagem em um espelho plano.
4) Como pode ser determinado o campo visual de um espelho plano?

Comentários sobre a estação 1

Com relação a primeira questão, temos: o princípio da propagação retilínea da luz, presente em instrumentos de medidas de velocidade e comprimento, que usam um feixe luminoso produzido por um *laser* para fazer a medida; o princípio da independência dos raios de luz, que pode ser observado em sistemas de iluminação em casas de espetáculo; e o princípio da reversibilidade dos raios de luz, que pode ser observado ao olharmos uma pessoa no banco de trás do carro pelos espelhos retrovisores de automóveis.

Sobre a lei da reflexão, ela afirma que a medida do ângulo de incidência e do ângulo de reflexão são iguais. Esses ângulos são determinados com relação a uma reta normal perpendicular ao plano do espelho. Ainda sobre espelho plano, o objeto e a imagem têm o mesmo tamanho e a mesma distância em

EDITORIA

relação ao espelho e apresentam uma relação de simetria, de mesma direção e natureza contrária.

A determinação do campo visual está explicitada na **figura 5.12** e no exemplo envolvendo as **figuras 5.13** e **5.14**, no Livro do estudante.

Estação 2: Espelhos côncavos e convexos

Tarefa:

1) O que são espelhos côncavos e convexos? Quais são seus principais elementos?
2) Quais são os raios notáveis dos espelhos esféricos?
3) Como a posição do objeto influencia na formação da imagem em espelhos côncavos e convexos?
4) Dê exemplos de aplicações do uso desses espelhos.
5) Quais informações podem ser obtidas a partir da equação de Gauss sobre espelhos esféricos?

Comentários sobre a estação 2

Espelhos esféricos são obtidos ao fazermos o corte de uma secção reta de uma esfera; essa fatia é chamada de calota esférica. Os espelhos côncavos são aqueles em que a superfície interna é espelhada, e os convexos são aqueles em que a superfície externa é espelhada. Seus principais elementos são: centro de curvatura (*C*); vértice (*V*); eixo principal, que é a reta definida por *C* e *V*; raio de curvatura (*R*); e abertura (α).

Os raios notáveis são aqueles que passam pelos elementos principais do espelho esférico e podem ser vistos nas **figuras 5.21**, **5.22**, **5.23** e **5.24**. Os tipos de imagens que são formadas dependem da posição do objeto em relação ao foco dos espelhos e estão detalhados no subitem *Construção de imagens em um espelho esférico*.

Como exemplo das principais aplicações dos espelhos esféricos no cotidiano, podemos citar espelhos côncavos usados em maquiagem ou os usados por dentistas para observar o interior da boca; esses espelhos aumentam a imagem do objeto observado. E os espelhos convexos são bastante utilizados em saídas de estacionamento, porta de elevadores e retrovisores de caminhão, pois possibilitam o aumento do campo de visão.

Por fim, os estudantes devem perceber a dependência da equação de Gauss com a distância focal (*f*) do espelho e das distâncias do objeto (*p*) e da imagem (*p'*). Além disso, eles devem compreender como o referencial gaussiano pode ser usado para trabalhar com o tamanho da imagem por meio do aumento linear transversal (ou ampliação) da imagem em relação ao objeto.

Estação 3: Refração e reflexão

Tarefa:

1) Em quais situações ocorre o fenômeno de refração? Cite um exemplo.
2) Como o índice de refração de um meio pode ser obtido?
3) Cite uma diferença entre os fenômenos de refração e reflexão.
4) Você já observou o asfalto em dias quentes e teve a impressão de enxergar poças de água? Como a reflexão total nos ajuda a entender esse fenômeno?

Comentários sobre a estação 3

A refração ocorre quando a luz passa de um meio material para outro, por exemplo, quando a luz passa do ar para a água. É comum observar a refração ao olharmos para o fundo de uma piscina. Por causa da refração, ela parecerá ser bem mais rasa do que realmente é. Essa situação ajuda a reforçar a compreensão do fenômeno da refração no caso da bagueta dentro de um béquer com água e o fato de ela parecer estar quebrada, conforme mostra a **figura 5.33.**

O índice de refração (*n*) é obtido a partir da razão entre a velocidade da luz no vácuo (*c*) e a velocidade da luz em determinado meio (*v*); e uma relação entre os índices de dois meios pode ser obtida conhecendo-se os ângulos formados com a reta normal do raio incidente e do raio refratado, segundo a lei de Snell-Descartes.

Uma diferença entre a refração e a reflexão é a trajetória percorrida pelo raio de luz. Na reflexão, o raio de luz é refletido para o meio de origem, enquanto na refração o raio de luz atravessa uma superfície de separação entre dois meios.

Sobre o fenômeno de reflexão total, ele acontece quando determinada superfície de separação entre meios diferentes reflete toda a luz que incide nela. Ele pode ser observado no asfalto em dias quentes, quando temos a sensação de estarmos vendo poças de água. Isso ocorre porque as camadas de ar que estão acima do asfalto têm diferentes temperaturas; quanto mais longe do asfalto, menor a temperatura. Isso faz com que as densidades dessas camadas de ar sejam diferentes, o que modifica o seu índice de refração, que se torna menor quanto mais próximo do asfalto. Dessa forma, a luz proveniente do Sol sofre várias refrações ao passar pelas camadas de ar a diferentes temperaturas, e em determinados pontos o ângulo de incidência dos raios se torna maior do que o ângulo limite. Nesses pontos, temos a reflexão total da luz. São esses raios refletidos que, ao atingirem os olhos de um observador, dão a sensação de que existem poças de água.

Estação 4: Lentes

Tarefa:

1) Quais são as características de uma lente esférica?
2) Qual é o fenômeno óptico que explica o princípio de funcionamento das lentes esféricas?
3) Como pode ser calculado o fator de aumento linear transversal ou a ampliação de uma lente? Dê exemplos de aplicação dessas lentes.

Comentários sobre a estação 4

A lente esférica é um sistema óptico composto por três meios transparentes e homogêneos, separados por duas faces esféricas ou uma face esférica e outra plana. Geralmente, o meio interno é composto de vidro ou de plástico, e o meio externo é o ar. Em relação à sua curvatura, ela pode ser classificada como côncava, convexa ou plana. Em relação à sua borda, ela pode ser classificada como tendo bordas finas ou espessas.

O princípio de funcionamento das lentes é explicado pelo fenômeno da refração, já que os raios de luz atravessam meios com diferentes índices de refração para a formação das imagens.

MANUAL DO PROFESSOR

O aumento das lentes pode ser calculado por meio da equação de Gauss, e depende da posição do objeto e da imagem em relação à lente. As lentes são aplicadas em vários dispositivos, como: em lupas compostas por lentes convergentes que ampliam o objeto observado; em máquinas fotográficas, que possuem lentes convergentes que formam uma imagem menor que o objeto observado; e em lentes usadas nas portas de residências, conhecidas como olho mágico, que são divergentes e formam uma imagem menor que o objeto, fazendo com que o observador tenha seu campo de visão ampliado. A resolução desta tarefa servirá de base para a atividade final proposta na terceira etapa.

- **3ª etapa – Aplicando os conhecimentos sobre luz e fenômenos ópticos**

Após uma discussão geral para organizar as conclusões a respeito dos fenômenos estudados nas estações, peça aos grupos que leiam o tópico **Instrumentos ópticos** no Livro do estudante e, depois, respondam aos exercícios propostos na seção **Atividades**. Verifique se houve compreensão adequada dos conceitos e resolva possíveis dúvidas sobre os conceitos estudados. Retome algumas questões do questionário usado na primeira parte, de levantamento de conhecimentos prévios, e verifique se ainda restam dúvidas ou concepções equivocadas sobre a natureza e a propagação da luz.

Se quiser aprofundar, realize a *Atividade complementar*, que trata sobre o Paradoxo de Olbers e a suposta existência de um Universo amplamente iluminado por uma quantidade infinita de estrelas. Sugira a leitura do texto e, em seguida, peça aos estudantes que se reúnam em pequenos grupos – de três ou quatro estudantes – para discutir e resolver as questões propostas. Durante a discussão, incentive respostas que transponham o seu entendimento sobre o assunto. Essa atividade contribui com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** ao propor a análise de questões e a elaboração de hipóteses e de previsões usando conceitos de Óptica geométrica e sobre a propagação retilínea da luz, promovendo a interpretação de dados para obter conclusões a respeito de uma situação-problema sob uma perspectiva científica. Além disso, também contribui para o desenvolvimento da **Competência Geral 1**, pois promove a valorização e a utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico para entender e explicar a realidade e continuar aprendendo.

Como atividade final, os estudantes deverão discutir como a combinação de duas ou mais lentes promove o funcionamento dos diversos instrumentos ópticos, como a luneta (ou telescópio refrator), o telescópio refletor, os óculos de grau, o microscópio composto, o microscópio eletrônico, a câmera fotográfica, o projetor de *slides* e a fibra óptica. Divida a sala em grupos e atribua a cada um deles a realização de uma pesquisa sobre um instrumento óptico. Nessa pesquisa, os estudantes deverão apresentar o processo de construção, o princípio de funcionamento e a relevância histórica, social, científica e tecnológica do instrumento, mobilizando assim a **Competência Geral 1**.

Oriente-os a buscar informações em fontes de informações confiáveis, procurando artigos científicos e de divulgação científica, por exemplo, na base de dados da Scielo ou em *sites* de agências de fomento à pesquisa. Como resultado da pesquisa, cada grupo deverá produzir um material digital utilizando fotografias, imagens, esquemas representativos, vídeos curtos, *gifs*, simulações, entre outros recursos digitais que considerarem relevantes para compor a apresentação do instrumento. Ao final, esses materiais poderão ser organizados em uma página na internet e disponibilizados à comunidade escolar para consulta. Essa abordagem incentiva os estudantes a utilizar recursos multimídia, o que favorece o trabalho com a **Competência Geral 5**. Lembre-se de enfatizar os aspectos históricos e sociais desses instrumentos ópticos ao longo das pesquisas. Por exemplo, a luneta era inicialmente um instrumento usado para verificar a aproximação dos inimigos, em situações de guerra, mas foi aperfeiçoada por Galileu para que as imagens do céu fossem mais nítidas, e de suas observações decorreram diversas implicações, tanto científicas quanto sociais, como as evidências para o fim da crença no geocentrismo, a infinitude do Universo, entre outras questões. Com esse trabalho, espera-se promover o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308**, que trata da análise do funcionamento de instrumentos ópticos para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar os seus impactos sociais. Também favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 4**, pois promove a utilização de diferentes linguagens, 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.

Na sequência, proponha aos estudantes que, individualmente, elaborem um resumo relatando suas aprendizagens sobre o Tema 5 utilizando a seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, apresentada no Livro do estudante, e destaquem o que mais chamou a atenção deles durante o estudo do Tema e por quê, e relatem quais foram as maiores dificuldades. Essa estratégia favorece o desenvolvimento das subdimensões metacognição e autoavaliação das **Competências Gerais 1 e 6**, respectivamente. Incentivar o uso do quadro é um convite aos estudantes para a reflexão acerca do seu próprio desenvolvimento ao longo do estudo.

Atividade complementar

O paradoxo de Olbers: a escuridão da noite

Uma das constatações mais simples que podemos fazer é que o céu é escuro à noite. É estranho que esse fato, sobre o qual ninguém em sã consciência colocará qualquer dúvida e que, à primeira vista, parece tão compreensível para qualquer pessoa, tenha dado tanto o que pensar durante tanto tempo.

Aparentemente, a primeira pessoa que reconheceu as implicações cosmológicas da escuridão noturna foi Johannes Kepler (1571-1630), em 1610.

Kepler rejeitava veementemente a ideia de um Universo infinito recoberto de estrelas, que, nessa época, estava ganhando vários adeptos, principalmente depois da comprovação por Galileu Galilei (1569-1642) de que a Via Látea era composta de uma miríade de estrelas, usando o fato de que o céu é escuro à noite como argumento para provar que o Universo era infinito, como que encerrado por uma parede cósmica escura.

EM ABERTO

A questão foi retomada por Edmond Halley (1656-1742) no século XVIII e pelo médico e astrônomo Heinrich Wilhelm Mattäus Olbers (1758-1840) em 1826, quando passou a ser conhecida como paradoxo de Olbers. Olbers já havia descoberto os dois asteroides (planetas menores): Palas, em 1802, e Vespa, em 1807.

O problema é o seguinte: suponha que as estrelas estejam distribuídas de maneira uniforme em um espaço infinito. Para um observador em qualquer lugar, o volume de uma esfera com centro nele aumentará com o quadrado do raio dessa esfera (...). Portanto, à medida que ele olha mais longe, vê um número de estrelas que cresce com o quadrado da distância. Como resultado, sua linha de visada sempre interceptará uma estrela, seja lá qual for a direção em que ele olhe.

Uma analogia simples de fazer é com uma floresta de árvores. Se estamos no meio da floresta, ao nosso redor vemos as árvores bem espaçadas entre si, mas quanto mais longe olhamos, mais diminui o espaçamento entre as árvores, de forma que, no limite da nossa linha de visada, as árvores estarão todas juntas e nada podemos ver além delas.

Como o brilho das estrelas cai com o quadrado da distância, enquanto o número de estrelas aumenta com o quadrado da distância, o céu, em média, deveria ser tão brilhante quanto a superfície de uma estrela média, pois estaria completamente coberto delas. Mas, obviamente, não é isso que vemos e, portanto, o raciocínio está errado. Por quê?

Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. S. O Universo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 27, n. Especial: p. 698-722, dez. 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85289/000776296.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

Discuta com seus colegas e faça o que se pede:

1) Pesquise sobre como os cientistas e filósofos anteriores a Galileu compreendiam a escuridão do céu noturno. Faça uma breve síntese das ideias encontradas.
2) Quais foram as interpretações de Galileu sobre o Universo? O que permitiu que ele chegasse a elas? Quem discordava dessas interpretações?
3) Como você resumiria o paradoxo de Olbers?
4) Por que o céu é claro e azulado durante o dia?
5) Quais são as propriedades da luz que explicam o paradoxo de Olbers?
6) Por que, no final do texto, o autor assume que o raciocínio está errado? Nesse caso, qual seria o raciocínio correto?

- **Resolução da atividade complementar**

1) Antes de Galileu, existia um modelo amplamente aceito das esferas concêntricas. Cada planeta ou astro ocupava uma das esferas que tinha como centro o planeta Terra. A última esfera, chamada de esfera celestial, era onde estariam as estrelas fixas no céu. Antes deles, alguns chegaram até a acreditar que essa última esfera era preta, mas possuía alguns furos, que deixavam escapar uma luz celestial que estaria para além do Universo.
2) Galileu observou que a Via Láctea tinha uma quantidade imensa de estrelas, entendendo, a partir disso, que o Universo era infinito e encerrado por uma "parede cósmica" escura. Essas observações foram possíveis com os telescópios, que possibilitaram enxergar estrelas imperceptíveis a olho nu. Johannes Kepler era quem discordava dele, em 1610, exatamente por não aceitar que uma "parede cósmica" era a responsável pela escuridão da noite.
3) De maneira sucinta, podemos entender que cada estrela é uma esfera emitindo radiação em todas as direções. Com as descobertas de Galileu de que o Universo continha muito mais estrelas do que poderiam captar nossos olhos, para qualquer lugar que um observador olhasse, ele enxergaria muitas estrelas, tantas que seria igual a olhar para a superfície de uma estrela. Logo, o céu deveria ser uma grande "parede" iluminada, e não escura, como é visto durante a noite.
4) Durante o dia, uma parte da Terra está iluminada pelo Sol, que é a estrela mais próxima de nosso planeta. O Sol funciona como uma fonte extensa em razão de seu tamanho e de sua proximidade com a Terra. A luz do Sol é branca, o que indica que ela é composta de todas as cores definidas no espectro visível. Quando a luz penetra na atmosfera, ela atinge átomos de nitrogênio e oxigênio, que compõem a maior parte da atmosfera, além de partículas suspensas, fazendo com que a luz se espalhe, clareando o céu. A cor azul do céu foi confirmada pela lei de Rayleigh, pela qual é possível mostrar que a luz azul é mais espalhada do que a luz vermelha.
5) A suposta "parede" iluminada que seria vista ao olhar para o céu à noite se baseia no pressuposto de que a luz se propaga de maneira retilínea e é emitida de maneira uniforme em todas as direções, a partir da fonte.
6) O raciocínio está errado porque ao olhar para o céu à noite é possível notá-lo preto, com pequenos pontos brilhantes, que são as estrelas. O raciocínio correto, que explica a escuridão do céu à noite, é o fato da velocidade da luz ser finita ($c = 300.000$ km s^{-1}) e o Universo ter uma idade finita, de aproximadamente 13,7 bilhões de anos. Tais fatos nem sempre foram conhecidos pelos cientistas, sendo resultado de muitos anos de evolução do pensamento científico. Assim, a luz das estrelas que estão mais distantes ainda não tiveram tempo de chegar até nós. Segundo essa explicação, a escuridão da noite é uma prova de que o Universo teve um início. Teorias posteriores, como a Relatividade Geral e a Expansão do Universo, contribuem com a ideia de que a escuridão do céu noturno está relacionada com a origem e a expansão do Universo.

Reflexões sobre a ciência

Objetivos de aprendizagem

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

- Refletir sobre a importância de um sistema de medições no processo de construção da sociedade.
- Conhecer as organizações responsáveis pela regulamentação das normas do sistema internacional de medidas em suas diferentes instâncias (internacional, nacional e regional).
- Diferenciar o conceito de grandeza de base e grandeza derivada.
- Correlacionar as grandezas com outras unidades de medidas.
- Representar com precisão o valor de uma medida e seus respectivos algarismos significativos.

MANUAL DO PROFESSOR

- Argumentar a questão da relevância do registro de dados em uma pesquisa científica.

Subsídios para o planejamento

Essa atividade pode ser desenvolvida pelos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, desde que esteja confortável com a temática proposta. Inicialmente, é crucial destacar a relevância das diferentes formas de medições no decorrer da construção da humanidade. Historicamente, os sistemas de medidas fizeram a diferença no estabelecimento das civilizações, e a maneira como foram realizadas interferiu circunstancialmente nesse processo. Antes da leitura da seção, peça aos estudantes que, em duplas, realizem uma pesquisa nos *smartphones* pessoais, na biblioteca da escola, ou ainda nos computadores da sala do laboratório de Informática, sobre a história das unidades de medidas tentando responder aos seguintes questionamentos: "Por que foi necessário o ser humano medir?"; "Quais elementos eram utilizados como referência na Antiguidade?"; "Como surgiu o sistema internacional de unidades?"; "Vocês consideram que as unidades de medida que temos hoje iriam satisfazer os povos anteriores?"; "Imagine que precisam comprar um tapete para a cozinha e então decidem medir esse espaço com seus pés e fazem a encomenda por telefone, dizendo ao vendedor quantos pés o tapete da cozinha deve ter. Vocês acreditam que receberiam o tapete do tamanho certo? Se o vendedor tivesse os pés maiores do que os de quem mediu, o tapete seria maior ou menor que a encomenda?"; "Quais são os órgãos responsáveis pela manutenção do padrão do sistema internacional de unidades em nível nacional?"; "No seu estado, qual é o órgão que fiscaliza o cumprimento desse padrão?".

Se julgar necessário, consulte os textos a seguir para guiar a discussão em sala de aula, ou disponibilize-os aos estudantes para que possam responder às questões com base em informações confiáveis:

- DA REDAÇÃO. Medidas extremas. *Revista Super Interessante,* 2003. Atualizado em 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/medidas-extremas/>.
- GODOI, L. C. O.; FIGUEIRÔA, S. F. M. Dois Pesos e Duas Medidas: uma proposta para discutir a natureza do sistema de unidades de medida na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, p. 523-545, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n3p523/8452>.
- RAMOS, E. C. O Ensino de unidades e medidas através de atividades investigativas segundo o enfoque Ciência, Sociedade e Tecnologia. *Projeto de instrumentação de final de curso.* Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8010/1/ESRamos.pdf>.

  Acessos em: 2 set. 2020.

Depois, conduza uma roda de conversa a partir das respostas das duplas e procure identificar os conceitos e as curiosidades da história dos sistemas de medidas, bem como do sistema de mensuração. Esse momento possibilita aos estudantes a mobilização das subdimensões busca de informação e aplicação do conhecimento da **Competência Geral 1**, além das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT303**.

Na sequência, peça à turma que leia o título do texto e o responda, individualmente, no caderno. Depois, os estudantes devem ler todo o texto, silenciosamente; oriente-os a prestar atenção às palavras novas, aos exemplos dados e ao objetivo central. Em uma roda de conversa, solicite a eles que compartilhem o entendimento do texto; qual era a intenção do autor ao escrevê-lo; e se o texto correspondeu às expectativas iniciais. Aproveite a oportunidade para deixar clara a diferença entre grandeza, medida e unidade, pois é muito comum ocorrer confusão entre esses conceitos. De acordo com a Sociedade Brasileira de Metrologia, grandeza é tudo aquilo que pode ser medido; medida é a comparação de uma grandeza física com outra da mesma espécie; e unidade é o padrão que escolhemos para realizar as medidas que desejamos (Disponível em: <http://repositorio.bom.org.br:8080/jspui/bitstream/2050011876/232/1/06%20Grandezas%20e%20Unidades%20.pdf>. Acesso em: 1 set. 2020.). Para ilustrar, construa uma tabela, no quadro de giz, com alguns dados de três ou quatro estudantes: aniversário, altura, peso e número de calçado. Peça à turma que identifique cada um dos valores de acordo com a grandeza e qual seria a unidade que representa tal grandeza. Verifique se conseguem reconhecer que a data de aniversário se refere a uma medida de tempo e é representada por dia e mês; a altura por sua vez é uma medida de comprimento, a unidade é o metro; o peso é uma medida de massa, representada pelo quilograma; e, por fim, o número do sapato é uma unidade de medida convencional. Enriqueça a discussão mencionando as competências das organizações responsáveis pela regulamentação de normas do sistema de medidas em suas diferentes instâncias. Deixe claro que a instância Internacional, com o Sistema Internacional de Medidas (SI), reconhece universalmente as unidades de medida e estabelece o padrão que essas unidades devem ser expressas, assim como os fatores de conversão das grandezas de base em grandezas derivadas. Exemplifique como é possível definir grandezas derivadas a partir das grandezas de base utilizando como exemplo a grandeza derivada energia, o joule, simbolizado por J, e que é expresso por m^2 kg s^{-2}. Na instância nacional, ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) cabem a verificação e a fiscalização das normas técnicas e legais das unidades de medidas, os métodos e o instrumento de medição, a acreditação de laboratórios de calibração e a gestão de qualidade de produtos. Questione os estudantes se eles já observaram em eletrodomésticos, produtos eletrônicos e alimentícios o selo de qualidade do INMETRO; utilize como exemplos a geladeira, o liquidificador, o *smartphone*, o arroz e o feijão, apresente fotografias desses rótulos e coloque em destaque o selo de qualidade. Na esfera regional, explique que em cada estado haverá um órgão responsável em seguir as especificações estabelecidas pelas esferas internacional e nacional. Em São Paulo e na Bahia, por exemplo, essa verificação é realizada pelo IPEM e o IBAMETRO, respectivamente. Esses órgãos são responsáveis em assegurar o cumprimento da legislação por meio dos três setores distintos: no comércio, pela fiscalização dos produtos e serviços; no setor empresarial, procedendo com a prestação de serviços de calibração e certificações de produtos; e na comunidade, pelas políticas de Educação para o Consumo. Dialogue com os estudantes sobre instrumentos utilizados em medições que são conhecidos por eles. Apresente como exemplos o medidor do teor de bebida alcoólica, o bafôme-

REPRODUÇÃO

tro ou etilômetro, bastante utilizado em *blitz* de trânsito; os medidores de pressão arterial – tensiômetro –, o medidor do valor da corrida do táxi – taxímetro – e, se possível, separe fotos desses medidores, ressaltando que os órgãos estaduais são responsáveis pela calibração e fiscalização das normas associadas a esses instrumentos. Solicite que os estudantes dialoguem sobre os procedimentos e uso dos instrumentos no cotidiano da sociedade e a importância da padronização das unidades de medida a serviço do cidadão, por exemplo, saber se o indivíduo tem condições ou não de dirigir evitando um possível acidente, se a pressão arterial está adequada ou se algum tratamento médico deve ser realizado, assim como se o preço da corrida do táxi é justo ou abusivo conforme a quilometragem percorrida. Essa discussão promove o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT310**, ao fazer uso dos conhecimentos sobre os instrumentos de medidas para avaliar e identificar ações que contribuam para a melhoria da qualidade de vida da população.

Depois dessa discussão, peça aos estudantes que respondam aos exercícios da seção e, novamente, discutam-nas tomando nota no quadro de giz das palavras-chave que vão surgindo a cada resposta. As questões 1 e 2 exigem do estudante o raciocínio lógico para aplicação do conhecimento, o que mobiliza as **Competências Gerais 1 e 2**. Já a questão 3 é uma ótima forma de o estudante exercitar a argumentação de forma direta, sem perder a coerência, o que favorece as diversas subdimensões da **Competência Geral 7**, bem como a subdimensão multiletramento da **Competência Geral 4**, ao se expressar por meio da linguagem textual com clareza. Além disso, a **Competência Geral 6** é mobilizada, pois os estudantes passam a conhecer um dos procedimentos importantes nas pesquisas científicas, que é o de realizar a medição corretamente e expressar seu resultado de forma mais confiável possível.

Se julgar interessante, utilize dois simuladores da Universidade do Colorado para que os estudantes possam correlacionar grandezas de base e derivadas no mesmo exercício. Neles, é possível converter as grandezas apresentadas nas simulações em outras unidades de medida, respeitando os algarismos significativos em cada caso, correlacionando quais respostas estão adequadas ao SI.

- PhET, Densidade. (Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/density>.)
- PhET, Comer e exercitar-se. (Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/eating-and-exercise>.)

Acessos em: 4 ago. 2020.

Na sequência, retome os questionamentos realizados no início da seção e pergunte à turma o que mudariam ou complementariam em suas respostas. Dê destaque para a questão sobre medir o tapete de cozinha com os pés. Pergunte aos estudantes se essa técnica de medição é a mais adequada. Espera-se que eles apresentem outros instrumentos como trena ou fita métrica para serem utilizados nos procedimentos de medição de áreas, possibilitando valores mais precisos e sensíveis à análise realizada. Deixe clara a importância em atentar à resolução dos instrumentos de modo a garantir maior precisão às medidas; uma "análise precisa" auxilia na padronização dos dados e possibilita a quantificação da unidade de medida com maior precisão de algarismos significativos. Mencione também que a determinação das unidades de medidas consiste na combinação de variáveis precisas, com o intuito de reduzir as incertezas associadas à medição. Comente que, independentemente da dedicação e da habilidade do operador durante a medição, sempre haverá um erro associado à medida realizada. O erro é estabelecido pela diferença entre o resultado da medição e o valor verdadeiro da medida, a fonte do erro está associada a diferentes fatores, entre eles, é possível citar: 1) imperfeição na calibração do instrumento de medida, interferindo no valor padrão do aparelho, o que resulta na alteração do resultado da medição (balança analítica, tensiômetro, bafômetro); 2) as condições de uso e armazenamento do instrumento, promovendo o desgaste do instrumento e consequentemente o desvio do seu estado original (oxidação da trena ou paquímetro pela exposição excessiva ao sol, danificação de uma balança devido ao transporte de um local para outro); 3) a interação entre instrumento-objeto, a exemplo da compressão exercida pelo instrumento no objeto com o intuito de reduzir os espaços vazios entre ambos; e 4) variáveis que não são possíveis controlar, como a umidade do ar, que interfere na massa de uma amostra no momento da pesagem (farinha de tapioca, sal de cozinha, reagente químico aquoso ou que absorve umidade facilmente). Esse momento favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT306** ao se analisar o uso adequado dos instrumentos de medidas para chegar a valores confiáveis. Em relação ao conceito de incerteza, Lima Júnior (2013) define incerteza como a estimativa que quantifica a confiabilidade do resultado de uma medição, ou seja, se a incerteza do resultado medido é elevada, a confiabilidade deste valor é baixa. Se desejar consultar esse artigo, busque pela referência completa na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Destaque que erro e incerteza apresentam conceitos distintos e a diferença essencial entre eles é a possibilidade em medir a incerteza independentemente do conhecimento sobre o valor verdadeiro da medida. A incerteza pode ser avaliada por meio de cálculos estatísticos, como o desvio-padrão da média de repetitivas medições. A expressão do resultado da incerteza deve conter sempre o mesmo número de casas decimais; dessa forma, é possível afirmar que a incerteza determina quais algarismos do resultado de uma medição são significativos ou não. Feitas essas considerações, reflita com os estudantes sobre as seguintes questões: "O que é um erro de medição?"; "Quais as possíveis fontes de erro em uma medição?"; "Qual a diferença entre erro e incerteza de medição?"; "Como é possível definir o número de algarismos significativos de uma medida?". Essa abordagem favorece o trabalho com a habilidade **EM13CNT205** e as **Competências Gerais 2 e 6** ao levar os estudantes a entenderem uma das etapas do trabalho científico. Uma discussão mais aprofundada em conjunto com o professor do componente curricular **Matemática** é interessante para o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT313**.

Para ampliar os conhecimentos dos estudantes acerca da importância de registros e detalhamento das informações obtidas durante uma pesquisa científica e favorecer o aprimoramento da subdimensão compreensão sobre o mundo do trabalho da

MODERNA

Competência Geral 6, sugira aos estudantes que, em grupos, realizem pesquisas, em *sites* confiáveis como o Química Nova na Escola e a base de dados do Google Acadêmico, sobre um dos temas a seguir.

- Tema 1 – Descobertas científicas "acidentais". Apresente o exemplo dos polímeros condutores, disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a03.pdf>, e da penicilina, disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jbpml/v45n5/v45n5a01.pdf>.
- Tema 2 – Similaridades e diferenças entre o caderno de laboratório e relatório de experimento. Indique aos estudantes os artigos a seguir para guiá-los na pesquisa.
  - CRUZ, C. H. B.; FRAGNITO, H. L. *Guia para Física Experimental*. Caderno de Laboratório, Gráficos e Erros. IFGW, Unicamp, 1997. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~brito/graferr.pdf>.
  - NAOE, A. Como um caderno ajuda a organizar a prática da pesquisa científica? *Jornal da USP*, 2017. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/como-um-caderno-ajuda-a-organizar-a-pratica-da-pesquisa-cientifica/>.
  - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE (UENF). *Noções básicas de como escrever um relatório científico*. 2009. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LCFIS_6719_1285937431.pdf>. Acessos em: 2 set. 2020.

Cada equipe deve argumentar sobre a relevância do tema, as informações que são pertinentes em cada caso e como o registro de informações influenciam as descobertas realizadas durante a pesquisa. Esse momento de pesquisa e organização dos dados coletados 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.

Mencione que o caminho percorrido pelo cientista é repleto de desafios e todas as variáveis influenciam nas pesquisas, logo, a atenção aos registros de unidades e resultados é uma das etapas mais importantes na análise científica. As conclusões obtidas devem ser compartilhadas com a turma em uma apresentação de até 6 minutos, em um formato de livre escolha de cada grupo. Você pode sugerir uma apresentação oral com apoio de recurso áudio/visual, por exemplo: painel ou pôster; apresentação em *slide*. Ou, ainda, apresentação com recursos artísticos, como uma peça teatral. Essa abordagem favorece as **Competências Gerais 2, 4, 6 e 7**, assim como as habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT303**. Além disso, essa atividade final pode contar com o apoio do professor de **Língua portuguesa** para trabalhar com os estudantes os aspectos tratados na habilidade **EM13LP30**, como a realização de pesquisas para ampliar a compreensão sobre a dinâmica de produção e a circulação de conhecimento.

Pensamento crítico e argumentação

Objetivos de aprendizagem

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

- Reconhecer argumentos, identificar as suas partes e avaliar sua força, considerando informações confiáveis para defender posicionamentos que possuem implicações em níveis individual e coletivo.
- Agir de forma empática, buscando o diálogo e a cooperação sem preconceitos ou juízo de valor para avaliar produções textuais.
- Valorizar os diferentes tipos de conhecimento para entender e explicar a realidade, agir de forma autônoma e respeitosa e colaborar com a tomada de decisões individuais e coletivas.
- Utilizar conhecimentos científicos relevantes para a convivência no trânsito para avaliar riscos e comportamentos que tragam impactos à segurança individual e coletiva.
- Analisar criticamente a linguagem utilizada em textos para posicionar-se diante dos temas apresentados neles.
- Analisar a linguagem e as marcas textuais que revelem o posicionamento de textos do tipo comparação e contraste.

Subsídios para o planejamento

Esta seção pode ser conduzida pelos professores do componente curricular **Biologia**, **Física** ou **Química**. Considerando as produções textuais e o uso de diagramas de Venn como ferramenta de organização de grupos de informações, um planejamento em conjunto tanto com professores da área de Linguagens e Língua Portuguesa quanto de Matemática poderá enriquecer ainda mais as discussões.

Inicie o trabalho com a seção organizando uma roda de conversa e perguntando aos estudantes como responderiam à questão central: "Como prevenir acidentes graves de trânsito?". Informe-lhes que essa é uma questão indispensável nas grandes cidades e que tem mobilizado profissionais de diferentes áreas, pois está atrelada a diferentes aspectos da qualidade de vida nos centros urbanos. Incentive os estudantes a participarem expondo suas ideias e faça, com eles, uma síntese do que foi discutido. O trabalho de Melo e Cruz (2014), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, traz algumas considerações sobre uma estratégia para desenvolver uma roda de conversa com estudantes do Ensino Médio, que pode ser adaptada ao seu contexto escolar. Na sequência, faça uma leitura coletiva do texto introdutório da seção presente no Livro do estudante.

Para a primeira questão, peça aos estudantes que trabalhem em duplas, com um colega que esteja próximo a eles na roda. Essa estratégia de trabalho em duplas favorece as subdimensões escuta e expressão da **Competência Geral 4**, como também as subdimensões diálogo e convivência e colaboração da **Competência Geral 9**.

Leia as instruções com a turma e indique o tempo que terão para completar essa tarefa. Após o tempo de trabalho em duplas, faça a correção dos itens com a turma, perguntando quais foram as respostas e as justificativas que apresentaram. As respostas podem ser organizadas no quadro de giz, para facilitar a discussão e o entendimento de todos. A análise das sentenças e as discussões derivadas delas envolvem a avaliação de riscos e a análise de diferentes posicionamentos e, assim, poderão favorecer o trabalho com as habilidades **EM13CNT306** e **EM13LP07**.

EM ABERTA

Os estudantes podem permanecer com as mesmas duplas para a resolução da segunda questão. Para a correção da alternativa "a", enquanto os estudantes trabalham em duplas, prepare uma tabela no quadro de giz. Durante a correção do item, peça que alguns estudantes a completem com suas respostas. Para ajudar no aprofundamento da temática sobre o trânsito e considerando que este é um assunto ainda rodeado de mitos e senso comum, sugerimos a leitura da nota técnica elaborada por Sarno (2016) e dos textos jornalísticos de Fábio (2016), Queiroz (2015), Calliari (2016) e Padrão (2015), todos indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Sua leitura prévia desses textos poderá ajudar a enriquecer explicações e permitir um aprofundamento que cubra eventuais dúvidas dos estudantes. Para a correção da segunda questão, complete a tabela com as sugestões de palavras e expressões que forem trazidas pelos estudantes, assim eles poderão ter uma lista que os ajudará na composição dos textos sugeridos ao final da seção. As reflexões oportunizadas ao longo dessa questão, analisando palavras que expressam a posição do enunciador em relação ao que é dito, favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13LP07**. Um planejamento conjunto com docentes do componente curricular **Língua Portuguesa** poderá enriquecer o trabalho com o vocabulário.

Prossiga a atividade realizando uma leitura coletiva do texto com informações sobre o diagrama de Venn. Peça que algum estudante se voluntarie para compartilhar seu entendimento sobre esse tipo de diagrama. Pergunte à turma como novos diagramas dessa natureza poderiam ser construídos. Para prepará-lo para essa etapa, além do planejamento conjunto com professores do componente curricular **Matemática**, que costumam abordar o tema ao trabalhar a teoria dos conjuntos, sugerimos a leitura dos trabalhos de Carvalho (2017) e de De Melo *et al.* (2019) indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Mantenha as duplas para o trabalho com a terceira questão. Leia o enunciado com a turma e acorde um tempo para a resolução dos itens. Ao discutir as respostas da alternativa "a", retome os conceitos e as ideias discutidos na primeira questão da seção. Para a correção da alternativa "b", peça que três duplas se voluntariem para completarem o diagrama de Venn com a resposta no quadro de giz. Após a resolução da questão, pergunte aos estudantes quais os possíveis usos desse diagrama para organizar ideias. Na sequência, prossiga com a leitura do texto do Livro do estudante, focando a explicação nas características textuais propostas. Esse trabalho mobiliza a **Competência Geral 7** e as habilidades **EM13LP05**, **EM13LGG103** e **EM13LGG302**, que envolvem análises críticas e argumentação. Procure certificar-se de que a turma compreendeu a estrutura das diferentes partes textuais listadas (introdução, desenvolvimento e conclusão). Um trabalho conjunto com professores da equipe de **Língua Portuguesa** permitirá um aprofundamento desses pontos.

Para a produção textual solicitada na quarta questão, reforce com os estudantes que eles podem utilizar os argumentos já presentes na primeira questão e o vocabulário discutido na segunda questão. Caso considere oportuno, os textos indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* sobre a temática, ou trechos deles, podem ser fornecidos aos estudantes, a fim de facilitar o processo de escrita. Para essa produção, os estudantes precisarão avaliar os riscos envolvidos com o trânsito, argumentar sustentando um posicionamento, o que favorece o trabalho com as **Competências Gerais 7 e 10**, e com as habilidades **EM13CNT306** e **EM13LP05**.

Após o período destinado à produção individual, peça que as duplas troquem seus textos com outras duplas e prossiga para a quinta questão. Leia o enunciado com a turma e peça que as duplas discutam entre si formas de avaliar os textos dos colegas, com base nos itens indicados na questão. Aqui é importante que tenham em mente que os critérios a serem analisados são de caráter textual. Assim, durante o desenvolvimento desta atividade, fique atento a qualquer tipo de julgamento. Aproveite a atividade para exercitar com eles a empatia e o diálogo, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro, em um trabalho colaborativo, possibilitando, assim, o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 9**, como também da habilidade **EM13LGG301**.

Após esse período de revisão por pares, peça aos estudantes que devolvam os textos para seus autores e leiam o enunciado da sexta questão. As reflexões oportunizadas por essa questão contribuem para o desenvolvimento das subdimensões metacognição e aprendizagem ao longo da vida da **Competência Geral 1**, uma vez que os estudantes estão desenvolvendo a capacidade de entender e avaliar o conhecimento construído e regular a própria aprendizagem, esta última também favorece a subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**. Além disso, mobiliza a habilidade **EM13LGG301**. Apesar do caráter reflexivo e mais individualizado desta última questão, caso considere oportuno, abra novamente a roda de conversa para que os estudantes possam ouvir os pontos apresentados nos textos e conversar sobre os desafios de produção e análise de textos. Essa conversa poderá contribuir para o aprofundamento no trabalho das habilidades e competências fomentadas ao longo da seção. O planejamento em parceria com professores da área de **Língua Portuguesa** poderá ajudar no encaminhamento para outras possibilidades de reflexões sobre a temática.

Valores e atitudes

Objetivos de aprendizagem

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

- Refletir sobre os impactos gerados na sociedade devido ao consumo de produtos adulterados.
- Reconhecer os órgãos e profissionais atuantes na fiscalização e regulamentação de produtos.
- Avaliar o conteúdo presente em páginas das redes sociais referentes à defesa do consumidor.
- Sistematizar informações relevantes que contribuam para um consumo consciente.

Subsídios para o planejamento

A mediação proposta a seguir pode ser conduzida pelos professores que compõem a área de Ciências da Natureza.

Inicialmente, solicite que os estudantes leiam as manchetes e realizem as atividades propostas no Livro do estudante. Se julgar pertinente, peça que acessem as reportagens indicadas para ampliar os conhecimentos por meio de fontes

PÓS-OFICINA

confiáveis de informação, o que também favorece o trabalho com a subdimensão utilização de ferramentas digitais da **Competência Geral 5**. Com as questões propostas, os estudantes podem apresentar suas próprias ideias, baseadas em dados e fatos confiáveis, e ouvir as dos colegas sobre como as fraudes afetam os consumidores e dos cuidados que devem ser tomados para evitar essas situações, mobilizando as **Competências Gerais 7 e 10**, além das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**. A **Competência Geral 8** também é favorecida, pois os estudantes ficam atentos às consequências do consumo de produtos adulterados, promovendo a reflexão acerca da importância da forma de consumo e do cuidado com o corpo. Procure incentivá-los a refletir sobre o assunto, tendo em vista a construção de uma sociedade justa. Dessa forma, as habilidades **EM13LP27** e **EM13CHS501** também podem ser exploradas. Além disso, a questão 2 ainda favorece a subdimensão compreensão sobre o mundo do trabalho da **Competência Geral 6**, ao proporcionar aos estudantes uma visão sobre a profissão do perito técnico e de suas peculiaridades, levando-os a refletir sobre uma possível área de atuação profissional.

Para complementar a atividade, peça aos estudantes que extraiam algumas palavras-chave que representem o que eles consideram essencial das manchetes apresentadas. As palavras-chave devem ser anotadas no quadro de giz e, em seguida, a turma deve ser dividida em grupos de até cinco pessoas. Preferencialmente, essa atividade deve ser realizada em um laboratório de informática ou outro local adequado para o uso da internet. Cada grupo deve escolher um conjunto de palavras-chave e utilizá-las em uma busca na internet por vídeos de curta duração (de, no máximo, 5 minutos).

Inicialmente, demonstre aos estudantes como realizar esse acesso. Por exemplo, usando as palavras-chave "fraudes", "produtos" e "investigação", uma série de vídeos aparecem com reportagens referentes à investigação de diferentes produtos, como aparelhos médicos, alimentos, entre outros. Eles devem avaliar esses vídeos e selecionar aqueles que forem mais adequados ao objetivo da atividade. Se julgar pertinente, reproduza para a turma o vídeo sobre a fraude na venda de arroz para a região Sudeste, cuja duração é de 57 segundos (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gBBcIuaECY>. Acesso em: 6 ago. 2020.). Ele pode servir de exemplo para destacar aspectos e informações importantes que devem ter nos vídeos que os estudantes vão pesquisar.

Os *links* de acesso aos vídeos selecionados devem ser veiculados por cada grupo em uma sala de aula *on-line* que você precisa criar previamente. Na internet existem opções gratuitas e de fácil acesso. Ao final do compartilhamento, permita que as informações pesquisadas sejam difundidas entre todos. Oriente os estudantes a analisarem, por exemplo, em quais áreas as fraudes são mais comuns, quem é responsável na investigação das fraudes e quais são as informações relevantes em cada vídeo. Essa abordagem permite o aprofundamento das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**, além de favorecer a habilidade **EM13CNT310**, ao incentivar os estudantes a avaliar serviços básicos.

Em seguida, os grupos devem proceder com a análise das manchetes apresentadas no Livro do estudante, dando suas opiniões e impressões sobre elas. Apresente alguns questionamentos aos estudantes para fomentar a discussão em sala de aula, tais como: "Quais produtos aparecem como alvo de fraudes nessas notícias?"; "Qual o uso mais comum desses materiais?"; "Se o indivíduo faz uso de um produto adulterado, isso acarreta consequências? Quais?". Essa abordagem favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT306**.

Na sequência, a turma pode ser questionada sobre o conhecimento de redes sociais, *blogs, vlogs* ou outras mídias relacionadas à defesa do consumidor, que atuem como um alerta para a sociedade sobre estabelecimentos e produtos que não estejam adequados às normas e às diretrizes vigentes. Auxilie-os na seleção de alguns exemplos e oriente-os a analisar o conteúdo apresentado nessas mídias. Os estudantes devem verificar o tipo e a qualidade dos serviços prestados à sociedade, avaliando suas implicações no desenvolvimento socioeconômico da região em que o serviço é prestado.

Além disso, incentive os estudantes a contarem sobre casos pessoais ou vivenciados por familiares e conhecidos, como a compra de produtos fora da validade ou das especificações de segurança, a visita a estabelecimentos interditados e multados por atuarem fora das normas e diretrizes regulamentadoras, entre outros. É importante suscitar nos estudantes essa análise crítica, levando-os não só à reflexão dos seus atos, mas também ao reconhecimento de que há toda uma reação em cadeia que pode interferir na vida de cada um se não estivermos atentos. Desse modo, é possível mobilizar novamente as **Competências Gerais 7 e 10**, assim como as habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT306**, **EM13LP27** e **EM13CHS501**.

Por fim, solicite como produto das pesquisas realizadas nessa atividade que a turma desenvolva uma cartilha interativa sobre "consumo consciente e bem informado". Essa cartilha pode ser construída no formato digital e disponibilizada em alguma plataforma gratuita, no *site* ou redes sociais da escola ou até mesmo enviada por *e-mail* ao público-alvo. Outra possibilidade é que as cartilhas sejam impressas e distribuídas fisicamente. O importante é que os estudantes, ao atuarem em conjunto, realizem um compilado sistemático de informações relevantes ao consumidor, como o alerta para a necessidade de padronização dos produtos, a indicação dos órgãos públicos e profissionais técnicos que devem realizar as inspeções e as atitudes que podem ser incorporadas à rotina do indivíduo, objetivando o consumo consciente e interligado às necessidades do coletivo. Essa abordagem permite o trabalho com as **Competências Gerais 1 e 10** e as habilidades **EM13LP27** e **EM13CHS501**. Essa atividade também pode ser desenvolvida como um projeto integrador e interdisciplinar, permitindo o diálogo entre estudantes, professores e familiares, já que a distribuição dos materiais produzidos possibilita um alcance maior de público.

Visando dar fechamento ao trabalho com a Unidade, proponha as duas questões do quadro **Revise e amplie!**. 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. Essa estratégia busca incentivar os estudantes a regularem sua própria aprendizagem, o que favorece o aprofundamento da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1**, como também da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

EM WORKIA

Apoio ao trabalho pedagógico

- ALMEIDA, V. O.; CRUZ, C. A.; SOAVE, P. A. Concepções alternativas em óptica. *Textos de apoio ao professor de Física*, v. 18, n. 2. Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Porto Alegre: UFRGS, 2007. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n2_Almeida_Cruz_Soave.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2020.

O material apresenta as principais concepções alternativas referentes a conceitos da Óptica geométrica e da Óptica física, encontradas por pesquisas na área de Ensino de Ciências, que envolveram estudantes dos níveis fundamental, médio e superior, com o intuito de auxiliar no ensino dos conteúdos dessas áreas da Física.

- BARROS, H. L. C.; MAGALHÃES, W. F. Efeito crioscópico: experimentos simples e aspectos atômico-moleculares. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 41-47, 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/07-CCD-48-11.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2020.

Este artigo descreve experimentos simples envolvendo o preparo de uma mistura refrigerante de gelo/NaCl e a construção de curvas de resfriamento para soluções de água/NaCl. Além disso, realiza discussões sobre aspectos atômico-moleculares envolvendo as propriedades coligativas.

- BELLUCCO, A.; DE CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n1p30>. Acesso em: 25 ago. 2020.

O artigo apresenta uma proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) planejada para o desenvolvimento de situações argumentativas sobre quantidade de movimento e leis de Newton.

- BIBLIOTECA DIGITAL DE CIÊNCIAS. Laboratório de Tecnologia Educacional da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Disponível em: <https://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/index.php>. Acesso em: 8 ago. 2020.

Biblioteca digital com recursos variados (experimentos, aulas, vídeos etc.) sobre diferentes assuntos, entre os quais Genética e Biotecnologia.

- CALLIARI, M. 10 aprendizados sobre a velocidade nas marginais. *Estadão*, 3 nov. 2016. Disponível em: <https://sao-paulo.estadao.com.br/blogs/caminhadas-urbanas/velocidade-nas-marginais-10-coisas-que-aprendemos-nos-ultimos-dias/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O texto traz uma série de reflexões sobre a velocidade dos veículos e seu papel na segurança do trânsito. Dentre os dez pontos apresentados como argumentos, destacam-se a letalidade, os congestionamentos, o papel das motocicletas na dinâmica do trânsito, a relevância das evidências em tomadas de decisão que envolvem engenharia de tráfego e a comparação com os cenários de outros países.

- CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIANS, M. E. A Genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. *Genética na escola*, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_213a6a6514ba4157b7327c516b634d33.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo reflete sobre o ensino de alguns tópicos de Genética Humana no Ensino Médio, destacando algumas possíveis abordagens com a intenção de fornecer subsídios para o trabalho do professor em sala de aula.

- CARVALHO, J. B. P. Os diagramas de Venn: seus antecessores e sucessores. *Boletim do LABEM*, v. 8, n. 15, jul./dez. 2017. Disponível em: <http://www.labem.uff.br/novo/index.php/labem/article/view/120/108>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O autor conta a história dos diagramas de Venn, destacando as principais contribuições e implicações históricas dessa ferramenta.

- COLNAGO, L. A.; ALMEIDA, F. C. L.; VALENTE, A. P. Espectometria de Massa e RMN Multidimensional e Multinuclear: Revolução no estudo de macromoléculas biológicas. *Química Nova na Escola*, n. 16, 2002. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A04.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2020.

O texto traz informações históricas e técnicas sobre a espectrometria, colocando em contexto sua importância para o estudo de macromoléculas.

- DAZZANI, M. *et al.* Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*, n. 17, p. 42-45, 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>. Acesso em: 2 set. 2020.

O artigo apresenta atividades experimentais para a determinação do teor de álcool na gasolina para a discussão de propriedades físico-químicas dos materiais.

- DE MELO, P. Z.; DA SILVA, J. R.; RICHTER, R. R. M. Diagramas na resolução de problemas. *III Feira Regional de Matemática*, v. 3, n. 3, 2019. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/feiramatematica/article/view/17664/16402>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O trabalho traz uma série de reflexões sobre o uso dos diagramas de Venn, apoiando-se em princípios teóricos gerais da teoria dos conjuntos, e apresenta possibilidades desses diagramas para o ensino de diferentes disciplinas.

- EL-HANI, C. N. O papel de Mendel na história da Genética. *Genética na escola*. v. 11, n. 2, p. 272-285, 2016. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo discute o papel de Mendel e de outros cientistas pouco conhecidos na história da Genética e identifica alguns erros metodológicos historiográficos e certas confusões entre o conteúdo original do seu trabalho e a sua reinterpretação que contribuem para os equívocos presentes tanto nos materiais escolares quanto na literatura científica.

- FÁBIO, A. C. Quais são os problemas criados com o aumento da velocidade nas marginais de São Paulo? *Nexo*, 21 dez. 2016. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2016/12/21/Quais-s%C3%A3o-os-problemas-criados-com-o-aumento-da-velocidade-nas-marginais-de-S%C3%A3o-Paulo>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O texto traz ponderações sobre as possíveis implicações de aumentar a velocidade em vias de grande circulação. As considerações dizem respeito à energia de um impacto a grandes velocidades, às dificuldades atreladas à mudança de faixa e às implicações da alta velocidade em vias de má qualidade.

- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, n. 24, p. 20-24, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/af1.pdf>. Acesso em: 9 set. 2020.

O artigo aborda as dificuldades conceituais que os estudantes do Ensino Médio apresentam sobre o conceito ligações químicas e como essas concepções afetam a compreensão de conceitos como geometria das moléculas e polaridade.

MANUAL DO PROFESSOR

- FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola*, v. 30, n. 4, p. 34-41, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>. Acesso em: 9 set. 2020.

O artigo propõe uma abordagem experimental problematizadora baseada na teoria pedagógica de Paulo Freire. Além disso, apresenta os fundamentos teóricos da metodologia intitulada Três Momentos Pedagógicos (MPs), estruturada por Delizoicov.

- GIBIN, G. B. As dificuldades de compreensão sobre o conceito de solução representado em nível submicroscópico por estudantes latino-americanos. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/download/1266/102>. Acesso em: 24 jul. 2020.

Este artigo analisa como os estudantes de cursos de Engenharia relacionam representações atômico-moleculares de soluções aquosas com o conceito de concentração e se conseguem definir os solutos e os solventes representados no sistema.

- GOMES, L. A. K. O tema propriedades específicas dos materiais com um dos eixos estruturadores de um curso introdutório de química. *Química Nova na Escola*, n. 8, 1998. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc08/relatos.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2020.

Neste texto, um professor de Química do Ensino Médio traz reflexões acerca de uma questão importante: para que e por que é importante estudar e saber Química? Ao abordar essa questão, o professor alerta para a necessidade de adequação do ensino de Química à realidade da escola. Propõe, então, estratégias de organização curricular que contemplam a priorização de conteúdos e temas, como o de propriedades específicas dos materiais, dando atenção a abordagens que promovam aprendizagens significativas.

- HOUCK, M. Forensic Science is History. TED, 2018. (9 min 54 s). Disponível em: <https://www.ted.com/talks/max_houck_forensic_science_is_history>. Acesso em: 7 set. 2020.

Nessa palestra, Max Houck fala sobre o que é e como funciona a Ciência Forense e também reflete sobre a necessidade de princípios gerais que norteiem a prática.

- GUIMARÃES, H. C. T. Os sistemas de grupos sanguíneos kell, kidd e duffy. *AC&T Científica*, v. 1, n. 1, 2018. Disponível em: <http://www.cienciane ws.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/Artigos_cientificos/3-Os_sistemas_de_grupos_sanguineos.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo elucida aspectos dos sistemas de grupos sanguíneos Kell, Kidd e Duffy, tendo em vista a relevância do significado clínico em transfusões sanguíneas.

- KOVALESKI, A. B.; ARAÚJO, M. C. P. A história da ciência e a bioética no ensino de genética. *Genética na escola*, v. 8, n. 2, p. 154-167, 2013. Disponível em: <https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_c644322239c345ac84a1d25cde4198b6.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo apresenta uma análise de temas relacionados à história da Genética e à Bioética nos livros didáticos.

- LEITE, R. C. M. A produção coletiva do conhecimento científico: um exemplo no ensino de genética. 219 p. (Tese de doutorado em Ciências da Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87537>. Acesso em: 8 set. 2020.

Tese que discute a dimensão histórica e a análise epistemológica no processo de construção do conhecimento científico, visando superar a concepção empirista da Ciência, ainda predominante na educação científica.

- LIMA JR. *et al*. *Laboratório de mecânica*: subsídios para o ensino de Física experimental [recurso eletrônico]. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/labmecanica/Lima_Jr_et_al_2013.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

O texto apresenta, na unidade I, os fundamentos de Metrologia: os conceitos de erro e incerteza, assim como mostra como determinar o número de algarismos significativos de uma medição a partir da sua incerteza.

- MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 18-20, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc04/aluno.pdf>. Acesso em: 9 set. 2020.

O artigo apresenta e discute as concepções de estudantes do Ensino Médio sobre o equilíbrio químico.

- McDONALD, J. H. Myths of Human Genetics. *University of Delaware*. Disponível em: <https://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>. Acesso em: 8 set. 2020.

Página do professor John McDonald que apresenta exemplos dos principais mitos relacionados aos padrões de herança de características humanas.

- MELO, M. C. H.; CRUZ, G. C. Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no Ensino Médio. *Imagens da Educação*, v. 4, n. 2, p. 31-39, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/view/22222>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O texto traz considerações acerca das rodas de conversa do ponto de vista pedagógico e acadêmico-metodológico. O estudo de caso apresentado pode contribuir com reflexões para uma abordagem com estudantes do Ensino Médio.

- MORGAN, R. The dangers of misinterpreted forensic evidence. TED, 2018. (7 min 26 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xclg8ikPAvI>. Acesso em: 8 set. 2020.

Na palestra, Ruth Morgan discute como as evidências forenses podem ser mal interpretadas e o que se pode fazer para reduzir esses equívocos.

- NEWTON, I. *Principia:* Princípios Matemáticos de Filosofia Natural - Livro I. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 325p.

É a principal obra de Isaac Newton, composta de três volumes, publicada em julho de 1687. Nela, Newton apresenta os principais fundamentos, que são estudados atualmente dentro da área de Mecânica Clássica.

- OLIVEIRA, S. R.; GOUVEIA; V. P.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/05-CCD-0508.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

O artigo traz uma análise das concepções que os estudantes têm sobre o termo "solubilidade". Além de mostrar que eles tendem a utilizar termos do senso comum para explicar problemas do cotidiano, evidenciando que situações do cotidiano, em alguns casos, não são relacionadas com o conhecimento escolar.

EM ABERTO

- PADRÃO, M. Reduzir velocidades evita acidentes? Veja mitos e verdades sobre o trânsito. *UOL Notícias*, 27 ago. 2015. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/listas/reduzir-velocidade-evita-acidentes-veja-mitos-e-verdades-sobre-o-transito.htm>. Acesso em: 4 ago. 2020.

O texto traz dez questionamentos relacionados ao trânsito, que são avaliados e classificados quanto à veracidade. As afirmações versam sobre temas relacionados à segurança no trânsito, como a largura das vias, a presença de radares, a aplicação da Lei Seca, o emprego de rodízio e os limites adotados de velocidade.

- QUEIROZ, A. Veja guia para defender ou criticar os limites de velocidade nas marginais. *Folha de S. Paulo*, 13 ago. 2015. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/08/1667813-veja-razoes-para-ser-contra-e-a-favor-dos-novos-limites-nas-marginais.shtml?origin=folha>. Acesso em: 4 ago. 2020.

A matéria traz motivos para apoiar ou contrapor as propostas de redução de velocidade no trânsito. Os pontos estão centrados na letalidade dos acidentes e na quantidade e tipos de multa.

- ROSSI, A. V. *et al*. Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 55-60, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/10-AF-5208.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2020.

O trabalho, apresenta uma reflexão de um grupo de professoras de Química que compartilharam vivências profissionais para sistematizar dados sobre concepções de estudantes sobre o conceito de densidade. Foi confirmada a associação direta de densidade com sua expressão matemática que, por semelhança dos termos envolvidos, gera um indevido paralelo com concentração. Os resultados permitiram detectar a dificuldade na percepção do caráter intensivo da densidade e a falta de consideração das interações moleculares e polaridades para explicar a imiscibilidade de algumas substâncias.

- SAAVEDRA, N. *et al.* O estudo das colisões por meio de um experimento assistido por computador: um enfoque no teorema do impulso e quantidade de movimento. *Atas do COBENGE*, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/11/artigos/1781.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

O artigo aborda o Teorema do Impulso e as dificuldades dos estudantes em compreender esse tópico em cursos de graduação. Também sugere a utilização de um experimento assistido por computador, desenvolvido pelo grupo de pesquisa em ensino de Física e Instrumentação.

- SANTOS, E. F.; SANTOS, S. S. C. Biotecnologia na sala de aula: aprendizagem através do jogo didático "bases para biotecnologia e caminhos para eletroforese". *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 1, p. 76-95, 2020. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID679/v15_n1_a2020.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo analisou a eficiência do jogo didático *Bases para biotecnologia e caminhos para eletroforese* no processo de aprendizagem de conceitos da Biotecnologia e da Genética.

- SARNO, C. C. B. Benefícios imediatos da redução das velocidades máximas permitidas: o caso das marginais Tietê e Pinheiros. *Companhia de Engenharia de Tráfego*, Notas Técnicas, NT 251, 2016. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/517275/nt251.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2020.

Esta nota técnica traz informações importantes sobre a redução de velocidade em vias urbanas, apresentando argumentos embasados em dados e evidências coletados ao longo do tempo. Traz ainda imagens que podem ser usadas para enriquecer as discussões sobre esse tema na sala de aula.

- SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C.; SALGADO, T. D. M. A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educ. química*, v. 24, n. 1, p. 49-56, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000100009&lng=es&nrm=isso>. Acesso em: 8 set. 2020.

O artigo apresenta diferentes módulos didáticos que envolvem atividades experimentais relacionadas à Ciência Forense e às áreas de Física, Química e Matemática.

- SILVA, J. R. R. T. da; AMARAL, E. M. R. Concepções sobre substância: relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 70-78, 2016. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_1/12-AF-3-15.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2020.

O trabalho apresenta uma análise acerca das concepções de estudantes e professores do Ensino Médio sobre o conceito de substância, identificando a natureza dessas ideias e o contexto ao qual elas podem estar associadas.

- SOUZA, A. C. R. S. Mitos sobre a relevância do ensino do sistema ABO e uma sequência didática visando minimizar equívocos acerca desse tema. 128 p. (Dissertação de mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/37378/1/2019_AnaCristinaRibeirodaSilvaSouza.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

A dissertação reflete sobre os mitos quanto à importância e a finalidade do ensino do sistema sanguíneo ABO para o Ensino Médio considerando o conhecimento atual sobre o tema, avalia como os livros didáticos trabalham esse conteúdo à luz dos conhecimentos atuais e propõe uma sequência didática sobre o assunto.

- TRACKER BRASIL. Grupo de Pesquisa: Interdisciplinaridade na mediação tecnológica e divulgação científica no Ensino de Ciências. UFTPR. 2016. Disponível em: <https://trackerbrasil.ct.utfpr.edu.br/conhecendo-o-tracker-mais-a-fundo/>. Acesso em: 17 ago. 2020
- *Site* que conta com alguns manuais de apoio para o uso do software *Tracker*, que faz a análise do movimento de imagens e vídeos. Além de explicar como usar o *software*, também possui sugestões de como utilizá-lo em diferentes atividades de ensino.
- ZYLBERSTAJN, A. A evolução das concepções sobre força e movimento. 2011. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4180370/course/section/1040986/Evolu%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Texto que apresenta uma abordagem histórica sobre a compreensão das causas do movimento, desde a Grécia Antiga, com a visão aristotélica, até os pressupostos da mecânica newtoniana, do século XVII.

EM NOVA

UNIDADE 1
Mundo tecnológico

Abertura

Espera-se que os estudantes respondam que a metáfora consiste em associar as nuvens do céu às nuvens de dados, termo utilizado para os servidores que armazenam as informações dos usuários e que podem ser acessados pela internet, representada pelo teleférico que transporta os dados do computador à nuvem. Os estudantes podem mencionar que a computação em nuvem é importante não só para a segurança do armazenamento de dados, mas também para aumentar a produtividade nas mais diversas circunstâncias, bem como para garantir a flexibilidade no uso desses dados, já que é possível ter acesso aos conteúdos, que podem estar armazenados a milhares de quilômetros de distância, necessitando apenas estar conectado à internet. É provável que eles mencionem que a computação em nuvem permite que uma variedade de atividades seja realizada em casa em casos de pandemia, como ocorreu em 2020, contribuindo para minimizar os danos à sociedade. Espera-se que ressaltem que esse recurso está presente em várias situações do cotidiano, como na utilização de *e-mail*, em aplicativos de bancos e de conversas, em *backups* de arquivos etc.

Tema 1. Espera-se que os estudantes indiquem que a transmissão das características ocorre durante a fecundação na reprodução humana, em que os gametas (masculino e feminino) contêm metade do material genético de cada progenitor. Dessa forma, a transmissão das características hereditárias estabelece a relação entre os parentais e os descendentes. O embrião terá características transmitidas e combinadas dos parentais, como tipo sanguíneo, cor dos olhos e dos cabelos, além de informações genéticas que podem não ser expressas.

Tema 2. Espera-se que os estudantes mencionem que a Biologia é fundamental no desenvolvimento de medicamentos, vacinas, terapias, técnicas utilizando seres modificados em laboratório etc., fazendo uso de microrganismos para isso.

Tema 3. Espera-se que os estudantes respondam que, geralmente, os equipamentos que mais consomem energia elétrica são a geladeira e o chuveiro elétrico, podendo o ar-condicionado, a máquina de lavar e o ferro elétrico também serem citados. O consumo de energia elétrica está relacionado tanto ao tempo de uso como à potência. Como a potência é medida calculando-se a razão entre energia e intervalo de tempo, a energia elétrica e o tempo são diretamente proporcionais; logo, quanto mais potente for o aparelho e mais tempo ele permanecer ligado, mais energia ele vai consumir.

Tema 4. Espera-se que os estudantes reconheçam que o campo magnético da Terra pode ser analisado com a ajuda de bússolas, por exemplo. Além disso, ele nos protege dos elevados níveis de radiação solar, que são prejudiciais aos seres humanos e poderiam atingir os satélites de comunicação, as redes elétricas e os aviões, afetando diversos serviços essenciais.

Tema 5. Espera-se que os estudantes respondam que a esponja de aço enferruja por causa do contato permanente com a água e o gás oxigênio presente no ar atmosférico. Como alternativa para prolongar a vida útil do material, eles podem mencionar o uso do aço inoxidável como matéria-prima na fabricação da esponja. Os estudantes podem sugerir, ainda, que, no âmbito doméstico, manter a esponja de aço em local seco após o uso também contribui para aumentar sua vida útil.

Tema 6. Espera-se que os estudantes citem fatores como: a estabilidade do material no meio em que ele estará exposto; a resistência mecânica similar à estrutura que ela vai substituir; a necessidade de o material ser biocompatível, evitando reações adversas do organismo à prótese.

Tema 1

1. Alternativa **c**.

a) Incorreta, pois a uracila ocorre apenas no RNA, e os cromossomos são formados por DNA.
b) Incorreta, o grupo fosfato ocupa a mesma posição em todos os nucleotídeos.
c) Correta, pois a adenina e a timina são bases nitrogenadas complementares que formam parte dos nucleotídeos contidos no DNA.
d) Incorreta, pois o número de nucleotídeos pode variar de espécie para espécie.
e) Incorreta, pois o DNA que forma os cromossomos tem como glicídio a desoxirribose. A ribose é encontrada no RNA.

MODERNA

2. Alternativa **b**.
A informação genética está contida na molécula de DNA e dela é transcrita para a molécula de RNA e, então, traduzida em uma proteína. Outros caminhos de fluxo estão incorretos.

3. Alternativa **a**.
- **a)** Correta, pois é a única sequência que tem uracila (U), base que compõe alguns dos nucleotídeos do RNA.
- **b)** Incorreta, pois a sequência contém a base timina (T), que não é encontrada no RNA, apenas no DNA.
- **c)** Incorreta, pois é uma sequência de aminoácidos que compõem proteínas, não RNA.
- **d)** Incorreta, pois é uma sequência de aminoácidos que compõem proteínas, não RNA.
- **e)** Incorreta, pois a sequência contém a base timina (T), que não é encontrada no RNA, apenas no DNA.

4. Alternativa **a**.
- **a)** Correta, uma sequência específica do DNA indica onde o gene começa.
- **b)** Incorreta, pois na transcrição ocorre a produção de RNA a partir do DNA. Assim, o DNA serve como molde, indicando onde o processo deve iniciar e onde deve parar.
- **c)** Incorreta, pois a RNA-polimerase liga-se à região promotora e inicia a transcrição, porém ela não é a região promotora.
- **d)** Incorreta, pois é uma sequência de bases do DNA, que indica que naquele ponto deve se iniciar a transcrição.
- **e)** Incorreta, pois no processo de transcrição não há produção de polipeptídeo.

5. Alternativa **d**.
- **a)** Incorreta, os íntrons são retirados no RNA no processo de maturação; assim, não são traduzidos nas proteínas.
- **b)** Incorreta, pois os íntrons fazem parte dos genes.
- **c)** Incorreta, há outros trechos de DNA não codificante além dos íntrons.
- **d)** Correta, íntrons e éxons formam os genes. Os íntrons não são traduzidos, pois são retirados do RNAm no processo de maturação.
- **e)** Incorreta, pois são removidos do RNA na etapa de maturação.

6. Alternativa **d**.
- **a)** Incorreta, pois a cadeia complementar deve ter bases que complementem as bases da sequência dada, e não que sejam iguais a elas.
- **b)** Incorreta, pois a base timina (T) liga-se à adenina (A), e a guanina liga-se à citosina (C).
- **c)** Incorreta, pois a quarta, a quinta e a sexta bases não complementam as bases da sequência dada, mas são iguais a elas.
- **d)** Correta, pois as bases complementam as da sequência dada.
- **e)** Incorreta, pois no DNA não se encontra a base uracila (U).

7. Alternativa **a**.
- **a)** Correta. Caso uma base seja trocada, a nova trinca de bases pode continuar codificando o mesmo aminoácido, pois, algumas vezes, mais de uma trinca de bases codifica o mesmo aminoácido.
- **b)** Incorreta. Um códon com uma base trocada ainda pode codificar o mesmo aminoácido, pois o código genético é degenerado.
- **c)** Incorreta. Com a substituição de uma base, pelo menos um códon passa a ter uma base diferente, porém isso não implica necessariamente em troca de aminoácido.
- **d)** Incorreta. Nem sempre as mutações causam efeitos deletérios.
- **e)** Incorreta. A tradução depende das mudanças que ocorrem no DNA, pois esse processo usa a informação do RNA mensageiro produzido na transcrição.

8. Alternativa **c**.
- **a)** Incorreta, pois a mutação pontual apenas altera o códon do RNAm, o que pode promover a troca de algum aminoácido ou sinalizar a parada da tradução.
- **b)** Incorreta, pois a mutação pontual no DNA não interfere nos sítios dos ribossomos.
- **c)** Correta, pois alguns códons sinalizam a parada da tradução.
- **d)** Incorreta, pois nesse caso a tradução não é interrompida.
- **e)** Incorreta, pois isso não interrompe a produção da proteína.

9. Alternativa **a**. Cada aminoácido é codificado por um códon (trinca de bases), portanto 1.800 aminoácidos são codificados por 1.800 códons.

10. Alternativa **e**.
- **I.** Afirmação correta, pois a duplicação do DNA depende da ação da DNA-polimerase viral, cuja ação é impedida pelo aciclo-GTP.
- **II.** Afirmação incorreta, pois o aciclo-GTP tem afinidade pela DNA-polimerase, e não pela RNA-polimerase, que participa da formação do RNAm na transcrição.
- **III.** Afirmação incorreta, pois o aciclo-GTP apenas influi na DNA-polimerase viral; no hospedeiro, ele é rapidamente metabolizado.

11. Alternativa **e**. Na molécula de DNA composta de duas cadeias, temos adenina (A) = timina (T) e citosina (C) = guanina (G). Se determinada bactéria apresenta 38% de citosina; então, também terá 38% de guanina, o que dá um total de 76%. Subtraindo 76% de 100%, temos 24%, que será o total de adenina mais timina. Dividindo 24% por 2, teremos 12% de adenina e 12% de timina.

12. **a)** Os "corrimãos" correspondem a uma sucessão alternada de fosfato e desoxirribose. Os "degraus" são constituídos por pares de bases nitrogenadas, unidas por ligações de hidrogênio, em que adenina pareia com timina e citosina com guanina.
- **b)** O RNA mensageiro é sintetizado a partir da transcrição do DNA e leva a informação do DNA dos cromossomos para a produção de polipeptídeos no citoplasma. Do processo de síntese proteica, denominado tradução, participam, além do RNA mensageiro, outros dois tipos de RNA, o ribossômico e o transportador.

MOPERNA

c) As proteínas podem ser diferenciadas pelo número, pelos tipos e pela sequência de seus aminoácidos.

13. Alternativa **c**.

a) Incorreta. Em cada molécula de DNA nova, uma das fitas (cadeias) é parental.

b) Incorreta. Nas moléculas novas, uma das fitas (cadeias) é recém-sintetizada e a outra é parental.

c) Correta. As moléculas novas de DNA têm uma fita (cadeia) recém-formada e uma parental.

d) Incorreta. Uma das fitas (cadeias) das moléculas novas é recém-sintetizada.

e) Incorreta. Nas moléculas novas de DNA, umas das fitas (cadeias) serve de molde para a fita recém-sintetizada.

14. Situação A:

Amostra 1

Como a adenina (A) combina-se com a timina (T), a quantidade das duas é sempre igual no DNA. Assim: adenina = 29% e timina = 29%; logo A + T = 58%.

Como a citosina combina-se com a guanina, a porcentagem das duas também é sempre igual. Portanto, temos:

A + T + G + C = 100; ou 58 + G + C = 100; ou G + C = 100 − 58; logo, G + C = 42.

Como G = C, temos que guanina = 21% e citosina = 21%.

Amostra 2

Seguindo o mesmo raciocínio descrito em relação à amostra 1: adenina = 16%, timina = 16%; guanina = 34%, citosina = 34%.

Situação B:

I. Correta, a amostra A é DNA. Por se tratar de uma molécula com cadeia dupla, A = T e G = C. Considerando A = 23, temos A + T = 46 e C + G = 54, por isso G = 27, como mostra a tabela.

II. Incorreta, apenas a amostra A é DNA. Para ser DNA, a amostra B deveria ter ou 18% de G, e não 28%, ou 22% de A, e não 32%.

III. Incorreta, a amostra A é DNA.

IV. Correta, a amostra B não é DNA, pois as proporções A = T e G = C, que caracterizam o DNA, não correspondem aos valores apresentados na tabela.

V. Incorreta, pois a amostra A é DNA.

15. O código genético é universal, ou seja, em todos os seres vivos, as mesmas trincas de bases traduzem os mesmos aminoácidos que formam as proteínas.

16. a) O objetivo foi quantificar o processo de formação das moléculas de RNA. O processo investigado é a transcrição.

b) Sugerem que o antibiótico afeta o processo, porém algumas bactérias são resistentes a ele.

Tema 2

1. Alternativa **d**.

a) Incorreta, pois a técnica de DNA recombinante se baseia na troca de trechos de DNA entre espécies diferentes.

b) Incorreta, pois a clonagem é feita colocando um núcleo de célula diploide em um ovócito (célula reprodutora) enucleado.

c) Incorreta, pois as enzimas de restrição cortam a molécula de DNA em locais específicos, determinados por sequências de bases nitrogenadas.

d) Correta, na PCR, os fragmentos de DNA são submetidos a processos que promovem sucessivas duplicações das moléculas disponíveis.

2. Alternativa **d**.

a) Incorreta, pois as enzimas de restrição não atuam na permeabilidade da membrana.

b) Incorreta, as enzimas de restrição não interferem no processo de transcrição.

c) Incorreta, as enzimas de restrição não agem no processo de produção do DNA.

d) Correta, pois as enzimas de restrição cortam o DNA em locais indicados por determinadas sequências de bases.

e) Incorreta, as enzimas de restrição não alteram a sequência das bases nitrogenadas que formam o DNA.

3. Alternativa **d**.

a) Incorreta, pois os camundongos expressaram a cor sem nunca terem sido injetados com a proteína.

b) Incorreta, a alteração ocorre no DNA.

c) Incorreta, pois apenas um gene da água-viva foi colocado no genoma do camundongo.

d) Correta, pois seu DNA passou a contar com uma parte do DNA de outra espécie.

e) Incorreta, pois clones são cópias que contêm o mesmo genoma.

4. Alternativa **d**.

a) Incorreta, pois a égua participou apenas abrigando a gestação do embrião.

b) Incorreta, pois a zebra forneceu o citoplasma do ovócito, e a maior parte do DNA encontra-se no núcleo.

c) Incorreta, pois a égua participou apenas da gestação.

d) Correta, pois o núcleo contendo o material genético era do jumento.

e) Incorreta, pois as características genéticas encontram-se no DNA, que fica no núcleo retirado da célula do jumento.

5. a) A técnica é um processo de transgenia, no qual um gene é transferido para os mosquitos, que o incorporam ao genoma.

b) Junto com o gene da toxina, foi transferido também um gene que induz a produção de uma proteína responsável pela fluorescência. A inclusão dessa proteína responsável pela fluorescência sinaliza aos pesquisadores que o gene da toxina foi incorporado pelos mosquitos. Para ocorrer a fluorescência, os ovos devem ser expostos a iluminação especial.

6. a) Não, pois, tanto nas células do fruto quanto nas células da folha, o DNA apresenta a mesma sequência de bases.

b) Sim, pois os genes que se expressam (produzindo RNA mensageiro) são diferentes nas células das folhas e nas dos frutos.

MODERNA

7. Alternativa **b**. Para ocorrer a transferência de genes de uma espécie de bactéria para outra, é necessário que se transfira o plasmídeo (molécula circular de DNA) da bactéria resistente para a não resistente com o gene de interesse previamente isolado.

8. Alternativa **c**.

a) Incorreta, pois a resistência é estável e passa para as plantas-filhas.

b) Incorreta, pois isso implicaria um maior risco ambiental.

c) Correta, pois não há chance de a linhagem transgênica polinizar ou ser polinizada por outras plantas.

d) Incorreta, pois os testes nutricionais não garantem a segurança ambiental.

e) Incorreta, pois ela ainda está sendo testada quanto à segurança nutricional e ambiental.

9. **a)** Um aspecto positivo do uso da CRISPR é a cura de doenças de origem genética. Um aspecto negativo é a possibilidade de que haja alterações indesejadas no genoma.

b) Em um gene de 1.000 pares de bases, temos 2.000 bases nitrogenadas. A quantidade de timina no DNA sempre será igual à quantidade de adenina. O resto da sequência será composto de citosina e guanina na mesma proporção. Dessa forma:
200 bases de adenina = 200 bases de timina, totalizando 400 bases; $2.000 - 400 = 1.600$;
$\frac{1.600}{2} = 800$ bases de citosina e 800 bases de guanina.

Tema 3

1. Alternativa **b**. O adicional de energia consumida foi:
$E_{el} = P \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el} = 50.000 \cdot 4$
$\therefore E_{el} = 200.000$ Wh ou $E_{el} = 200$ kWh

Como cada 100 kWh consumidos equivalem a R$ 5,00, o consumo adicional acarretou um acréscimo de R$ 10,00.

2. Alternativa **b**. A corrente utilizada foi de:

$$P = U \cdot i \Rightarrow i = \frac{P}{U} \Rightarrow i = \frac{770 + 660 + 1.320}{110}$$

$\therefore i = 25$ A

Sabemos que 25 A correspondem a 5 A a mais do que os 20 A suportados pelo fusível. Em porcentagem, 5 A correspondem a:

$$\text{Porcentagem} = \frac{5}{20} \therefore \text{Porcentagem} = 0,25 = 25\%$$

3. Alternativa **d**. A partir da equação do gerador, temos:

$U = \varepsilon - r \cdot i \Rightarrow 100 = 120 - r \cdot i \Rightarrow r \cdot i = 20 \Rightarrow i = \frac{20}{r}$ ①

Pela definição de potência elétrica, temos:

$P = r \cdot i^2 \Rightarrow 40 = r \cdot i^2$ ②

Substituindo ① em ②, temos:

$$40 = r \cdot \left(\frac{20}{r}\right)^2 \Rightarrow 40 = r \cdot \frac{400}{r^2} \Rightarrow 40r = 400$$

$\therefore r = 10\ \Omega$

4. Alternativa **e**. Dada a potência elétrica total de 1.200 W, temos:

$P_{total} = \varepsilon \cdot i \Rightarrow 1.200 = 120 \cdot i \therefore i = 10$ A

Portanto, a diferença de potencial nos terminais do gerador é:

$U = \varepsilon - r \cdot i \Rightarrow U = 120 - 4 \cdot 10 \therefore U = 80$ V

E a potência dissipada na resistência interna é:

$P_{dissipada} = r \cdot i^2 \Rightarrow P_{dissipada} = 4 \cdot 10^2$
$\therefore P_{dissipada} = 400$ W

Dessa forma, a potência útil é:

$P_{útil} = P_{total} - P_{dissipada} \Rightarrow P_{útil} = 1.200 - 400$
$\therefore P_{útil} = 800$ W

5. **a)** A associação tem apenas um caminho para a corrente; logo, é uma associação em série. Podemos calcular a resistência equivalente como:

$R = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R = 10 + 20 + 10$
$\therefore R = 40\ \Omega$

MODERNA

b) Como todos os resistores estão submetidos à mesma tensão, eles estão associados em paralelo.

Primeiro, em relação aos dois resistores iguais a 30 Ω, temos:

$R' = \frac{r'}{N} \Rightarrow R' = \frac{30}{2} \Rightarrow R' = 15\ \Omega$

Esse resultado perfaz uma ligação em paralelo com o último resistor de resistência 15 Ω. Aplicando mais uma vez a equação, temos:

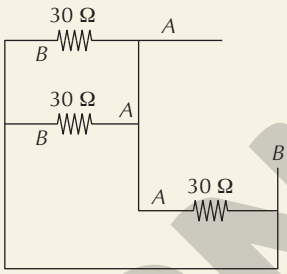
$R = \frac{r}{N} \Rightarrow R = \frac{15}{2} \therefore R = 7{,}5\ \Omega$

c) Temos uma associação em série. Logo, há apenas um caminho para a corrente, então:

$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \Rightarrow R = 10 + 10 + 10 + 10 + 10$

$\therefore R = 50\ \Omega$

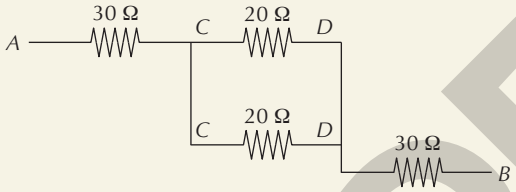
d) Na associação, todos os resistores estão ligados entre os pontos *A* e *B*, como mostra a figura a seguir.



Portanto, os resistores estão associados em paralelo. Para *N* resistores iguais, temos:

$R = \frac{r}{N} \Rightarrow R = \frac{30}{3} \therefore R = 10\ \Omega$

e) Nessa associação, os resistores entre os pontos *C* e *D* estão associados em paralelo, conforme mostra a figura a seguir.



Nesse trecho, a resistência equivale a:

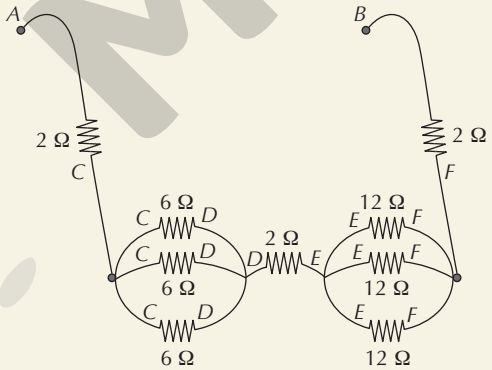
$R_{CD} = \frac{r}{N} \Rightarrow R_{CD} = \frac{20}{2} \Rightarrow R_{CD} = 10\ \Omega$

O resistor entre os pontos *A* e *C* está em série com a associação em *C* e *D* e com o resistor entre os pontos *D* e *B*. Logo, a resistência entre os pontos *A* e *B* pode ser calculada como:

$R_{AB} = R_{AC} + R_{CD} + R_{DB} \Rightarrow R_{AB} = 30 + 10 + 30$

$\therefore R_{AB} = 70\ \Omega$

6. Alternativa **c**. Considere os pontos *C*, *D*, *E* e *F* conforme mostra a figura a seguir.



No trecho entre *C* e *D*, temos três resistores iguais a 6 Ω, logo:

$R_{CD} = \frac{r}{N} \Rightarrow R_{CD} = \frac{6}{3} \Rightarrow R_{CD} = 2\ \Omega$

No trecho entre *E* e *F*, de forma semelhante, temos:

$R_{EF} = \frac{r'}{N} \Rightarrow R_{EF} = \frac{12}{3} \Rightarrow R_{EF} = 4\ \Omega$

Como a resistência equivalente entre *A* e *B* é dada pela associação em série, temos:

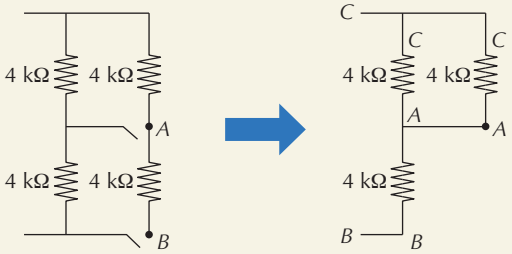
$R_{AB} = R_{AC} + R_{CD} + R_{DE} + R_{EF} + R_{FB} \Rightarrow R_{AB} = 2 + 2 + 2 + 4 + 2 \therefore R_{AB} = 12\ \Omega$

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

7. Alternativa **c**. Com a chave fechada na posição A, o circuito se transforma no circuito representado à direita na figura a seguir.

ERICSON GUILHERME LUCIANO



No trecho entre os pontos A e C, temos dois resistores de 4 kΩ em paralelo, logo:

$R_{AC} = \frac{r}{N} \Rightarrow R_{AC} = \frac{4}{2} \Rightarrow R_{AC} = 2\ k\Omega$

Essa resistência equivalente R_{AC} está associada em série com o resistor no trecho entre B e A, o que nos dá:

$R = R_{BA} + R_{AC} \Rightarrow R = 4 + 2 \therefore R = 6\ k\Omega$

8. Alternativa **c**. Com a equação que exprime a ddp que um gerador real mantém entre os seus terminais, temos:

$U = \varepsilon - R_i \cdot i$

Pela lei de Ohm, $U = R \cdot i$; substituindo na equação anterior, temos:

$R \cdot i = \varepsilon - R_i \cdot i \Rightarrow R \cdot i + R_i \cdot i = \varepsilon \Rightarrow i \cdot (R + R_i) = \varepsilon$

$\therefore i = \frac{\varepsilon}{R + R_i}$

Sendo a força eletromotriz ε da bateria igual a V, a corrente total no circuito é dada por:

$i = \frac{V}{R + R_i}$

Podemos, então, calcular a potência dissipada (P) no resistor de resistência R:

$P = R \cdot i^2 \Rightarrow P = R \cdot \left(\frac{V}{R + R_i}\right)^2 \therefore P = \frac{V^2 R}{(R + R_i)^2}$

9. Alternativa **a**. As três lâmpadas estão em paralelo; logo, estão submetidas à mesma tensão. Como são idênticas, têm também a mesma corrente. Portanto, a corrente no ponto C é igual à corrente no ponto D.

A corrente no ponto B corresponde à soma das correntes em C e D, logo, é diferente de todas.

No ponto A, assim como no ponto E, as correntes são iguais à corrente total do circuito.

Portanto, $i_A = i_E$ e $i_C = i_D$.

10. Alternativa **b**. A potência total é dada por:

$P_{útil} = P_{total} - P_{dissipada} \Rightarrow P = \varepsilon \cdot i - r \cdot i^2$

Sabe-se que a posição do vértice da parábola é $\left(-\frac{b}{2a}; -\frac{\Delta}{4a}\right)$, logo:

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon}{2r} = 12{,}5 \\ \frac{\varepsilon^2}{4r} = 120 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{\varepsilon}{r} = 25 \\ \frac{\varepsilon^2}{r} = 480 \end{cases} \therefore \begin{cases} r = 7{,}68 \cdot 10^{-1}\ \Omega \\ \varepsilon = 1{,}92 \cdot 10^{1}\ V \end{cases}$$

Tema 4

Prática investigativa

Prepare-se!

Os estudantes devem aproximar o *smartphone*, *tablet* ou bússola do ímã para determinar qual polo aparece na tela, ou, no caso da bússola, verificar qual lado da agulha é atraído.

Discuta com seus colegas

1. Temos que a direção do campo magnético é vertical e a da corrente é horizontal; utilizando a regra da mão esquerda, obtemos o sentido da força aplicada no fio mais próximo do ímã. O sentido dessa força indica o sentido do movimento de rotação da espira.

MODERNA

2. Ao completar metade de uma volta, a corrente no fio inferior passaria a se movimentar em sentido oposto ao que se movimentava antes de iniciar a meia-volta. Isso acarretaria a mudança de sentido da força aplicada, fazendo com que a espira efetuasse um movimento de oscilação (vai e volta) em vez de um movimento de rotação, que é o esperado de um motor.

3. É necessário alterar o sentido da corrente para que, a cada meia-volta, a força aplicada tenha sempre o mesmo sentido no fio mais próximo da espira, evitando, assim, um movimento de oscilação.

4. Alterna-se o sentido da corrente, de preferência na frequência de rotação da espira, de modo a obter com mais eficiência o efeito da força no movimento de rotação, ajustando-a sempre à força aplicada no fio inferior no sentido do movimento de rotação desejado.

5. Espera-se que os alunos identifiquem eventuais dificuldades ocorridas durante a realização do experimento e as registrem, propondo sugestões de melhorias.

6. Resposta pessoal.

1. Alternativa **a**. Pela regra da mão direita, na qual posicionamos o dedão da mão direita paralelamente à corrente elétrica, os outros dedos apontarão no sentido do campo magnético, que é ao redor da corrente, portanto, ao redor do fio metálico. Dessa forma, o ponteiro da bússola se alinha com a perpendicular do fio.

2. Alternativa **a**. A intensidade da força magnética pode ser calculada por:

$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } \theta \Rightarrow F_m = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 8 \cdot 1$

$\therefore F_m = 3{,}8 \cdot 10^{-10}\ \text{N}$

3. Alternativa **a**. A tensão, ou força eletromotriz induzida (ε), pode ser determinada pela lei de Faraday-Neumann:

$$|\varepsilon| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

O fluxo magnético $\Delta\Phi$ é diretamente proporcional ao número de espiras, portanto ε é diretamente proporcional ao número de espiras. Logo, para dobrar ε, o estudante deve dobrar o número de espiras.

4. Quando o ímã se aproxima da bobina, o campo magnético que atravessa a bobina aumenta. Portanto, durante a aproximação do ímã, há aumento do fluxo magnético, que gera uma tensão induzida. Isso também ocorre quando o ímã se afasta; nesse caso, há redução do fluxo, que também gera uma tensão induzida. A energia gerada nesses movimentos pode ser armazenada para que a lanterna funcione não apenas quando estiver sendo agitada.

5. (01) Correta. Podemos calcular o campo magnético gerado pelo solenoide como:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{L} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 200 \cdot 20}{0{,}2}$$

$\therefore B \simeq 25 \cdot 10^{-3}\ \text{T}$

(02) Correta. Em um solenoide, gera-se um campo magnético praticamente uniforme no seu interior.

(04) Correta. No centro da espira, a intensidade do campo magnético pode ser calculada por:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2 \cdot 0{,}05}$$

$\therefore B \simeq 0{,}25 \cdot 10^{-3}\ \text{T} < 0{,}3 \cdot 10^{-3}\ \text{T}$

(08) Incorreta. Pela lei de Lenz, o campo magnético gerado se opõe à variação de fluxo.

(16) Correta. O movimento do ímã em relação ao solenoide produz variação do fluxo magnético, provocando uma tensão induzida no solenoide.

A soma, portanto, é: 01 + 02 + 04 + 16 = 23.

6. Alternativa **a**. A força magnética, a única relevante no movimento em questão, aponta para o centro da trajetória, e a velocidade é tangente à trajetória no sentido do movimento. Pela regra da mão esquerda invertida, já que a partícula tem carga negativa, em relação à página, o campo I está entrando, o campo II está saindo e o campo III está entrando.

7. (01) Correta. O fluxo magnético (Φ) que flui na espira é dado por:

$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta \Rightarrow \Phi = 0{,}5 \cdot 0{,}01 \cdot \cos 0°$

$\therefore \Phi = 0{,}005\ \text{Wb}$

MODERNA

(02) Incorreta. Considerando que a espira se movimenta com uma velocidade de 50 cm s^{-1}, ela percorre 10 cm em um intervalo de tempo de 0,2 s. Assim, segundo a Lei de Faraday:

$$|\varepsilon| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{0{,}005}{0{,}2} \therefore |\varepsilon| = 0{,}025 \text{ V}$$

(04) Correta. Quando a espira sai da região, há uma diminuição do fluxo. Pela lei de Lenz, o sentido da corrente induzida origina um fluxo magnético induzido que se opõe à variação do fluxo magnético que a originou, ou seja, vai existir uma força magnética que se opõe a tal movimento.

(08) Incorreta. A intensidade da corrente elétrica induzida na espira pode ser calculada por:

$$|\varepsilon| = 0{,}025 \text{ V} \Rightarrow R \cdot i = 0{,}025 \Rightarrow i = \frac{0{,}025}{1}$$

$$\therefore i = 0{,}025 \text{ A}$$

(16) Correta. Quando a espira está totalmente imersa no campo magnético, não há variação do fluxo; logo, não há força eletromotriz ou corrente elétrica induzida.

Portanto, a soma das questões corretas é:
01 + 04 + 16 = 21

8. Alternativa **a**. Temos que a partícula está em movimento circular, portanto há uma força centrípeta envolvida com intensidade igual à intensidade da força magnética. O raio descrito pela partícula é igual a:

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

A velocidade da partícula pode ser calculada pelo espaço percorrido em um intervalo de tempo para dar uma volta, logo:

$$v = \frac{2\pi R}{t}$$

Para N voltas:

$$v = N \cdot \frac{2\pi R}{t}$$

Substituindo v na primeira expressão, temos:

$$R = \frac{m \cdot \left(N \cdot \frac{2\pi R}{t}\right)}{q \cdot B} \Rightarrow m \cdot \left(N \cdot \frac{2\pi \cancel{R}}{t}\right) = \cancel{R} \cdot q \cdot B$$

$$\therefore m = \frac{qBt}{2\pi N}$$

Tema 5

1. Alternativa **b**. Para que um metal seja utilizado como eletrodo de sacrifício, é necessário que ele apresente maior tendência a perder elétrons, ou seja, menor potencial de redução que o metal que se quer proteger.

2. Alternativa **d**. Na galvanização, o ferro é recoberto por um metal mais redutor, de forma que esse metal se oxide no lugar do ferro, protegendo-o. Metais mais redutores que o ferro são aqueles com potencial de redução menor que o dele, por exemplo, o zinco.

3. Alternativa **d**. Pela equação de Nernst, sabemos que o potencial depende da concentração do eletrólito, mas não depende da área da placa, pois para metais sólidos puros a atividade é igual a 1. Para avaliarmos a influência da variação da concentração no potencial de redução do zinco, precisamos considerar que a forma oxidada fica no numerador do quociente de reação, assim o potencial diminui com a diminuição da concentração de íons.

4. Trata-se de uma oxidação. Nesse processo, os átomos do metal se transformam em íons, que são transferidos para a solução em contato com o eletrodo. O raio dos cátions é menor que o raio dos átomos, conforme se verifica pelo menor tamanho das esferas que deixam o aglomerado (placa metálica).

5. Quando uma lata era amassada, poderia ocorrer o rompimento da camada interna de estanho, permitindo que o aço entrasse em contato com o alimento. O ferro ($E°_{red} = -0{,}45$ V), que apresenta um potencial-padrão de redução menor que o do estanho ($E°_{red} = -0{,}14$ V), é oxidado antes, atuando como ânodo da célula eletroquímica formada. Assim, em latas amassadas, era possível encontrar ferrugem no alimento, tornando-o impróprio para o consumo.

MODERNA

6. **a)** Proteção catódica: é possível colocar metais de sacrifício (como zinco ou alumínio) ao longo da estrutura. Esses metais oxidam preferencialmente, pois são melhores agentes redutores, ou seja, apresentam menor potencial de redução que o ferro.

b) Proteção anódica: é possível revestir a base da estátua com uma tinta anticorrosiva. Além de evitar o contato do metal com o oxigênio do ar, esse tipo de tinta tem em sua composição um pigmento que forma uma camada de passivação quando o meio corrosivo atravessa a película formada por ela.

7. Para que não ocorra perda de íons em solução e a corrosão do tanque de estocagem, em virtude de sua redução a níquel metálico, deve-se evitar a reação de oxirredução entre os íons $Ni^{2+}(aq)$ e o metal utilizado para revestir o recipiente. Para avaliar a espontaneidade de uma reação de oxirredução, pode-se calcular a diferença de potencial-padrão associada a ela.

Para o revestimento com prata, tem-se:

$E° = E°_{red}$ (semirreação de redução) $- E°_{red}$ (semirreação de oxidação) $\Rightarrow$

$\Rightarrow E° = E°_{red}\ (Ni^{2+}/Ni) - E°_{red}\ (Ag^{+}/Ag) \Rightarrow E° = -0{,}26\ V - (+0{,}80\ V) \therefore E° = -1{,}06\ V$

A diferença de potencial-padrão associada a essa reação é negativa e, portanto, ela não ocorre de forma espontânea. A prata pode ser utilizada para revestir o tanque.

Para o revestimento com cobre, tem-se:

$E° = E°_{red}$ (semirreação de redução) $- E°_{red}$ (semirreação de oxidação) $\Rightarrow$

$\Rightarrow E° = E°_{red}\ (Ni^{2+}/Ni) - E°_{red}\ (Cu^{2+}/Cu) \Rightarrow E° = -0{,}26\ V - (+0{,}34\ V) \therefore E° = -0{,}60\ V$

A diferença de potencial-padrão associada a essa reação é negativa e, portanto, ela não ocorre de forma espontânea. O cobre pode ser utilizado para revestir o tanque.

Para o revestimento com zinco, tem-se:

$E° = E°_{red}$ (semirreação de redução) $- E°_{red}$ (semirreação de oxidação) $\Rightarrow$

$\Rightarrow E° = E°_{red}\ (Ni^{2+}/Ni) - E°_{red}\ (Zn^{2+}/Zn) \Rightarrow E° = -0{,}26\ V - (-0{,}76\ V) \therefore E° = +0{,}50\ V$

A diferença de potencial-padrão associada a essa reação é positiva e, portanto, ela ocorre de forma espontânea. O zinco não pode ser utilizado para revestir o tanque.

Para o revestimento com alumínio, tem-se:

$E° = E°_{red}$ (semirreação de redução) $- E°_{red}$ (semirreação de oxidação) $\Rightarrow$

$\Rightarrow E° = E°_{red}\ (Ni^{2+}/Ni) - E°_{red}\ (Al^{3+}/Al) \Rightarrow E° = -0{,}26\ V - (-1{,}68\ V) \therefore E° = +1{,}42\ V$

A diferença de potencial-padrão associada a essa reação é positiva e, portanto, ela ocorre de forma espontânea. O alumínio não pode ser utilizado para revestir o tanque.

8. Alternativa **b**.

a) Incorreto. O etanol apresenta restrições para ser transportado em recipientes de latão.

b) Correto. Xarope de milho, glicose e detergente podem ser transportados em recipientes de latão sem restrição.

c) Incorreto. Não se recomenda o uso de recipiente de latão para transportar ácido cítrico, mercúrio e vinagre.

d) Incorreto. Óleo de oliva e água do mar apresentam restrições para serem transportados em recipientes de latão.

e) Incorreto. Não se recomenda o uso de recipiente de latão para transportar parafina derretida e melaço.

9. Alternativa **b**.

I) Incorreta. O latão não é recomendado para transporte de seis dos materiais listados, enquanto o aço carbono não é compatível com apenas dois deles.

II) Incorreta. Embora os dois fluidos apresentem o mesmo comportamento em relação ao aço carbono e ao aço inoxidável, o melaço não é compatível com o latão, e a água do mar não é compatível com o alumínio.

III) Correta. É recomendada a utilização de acetona, em condições normais de uso, com os quatro materiais, indicando que, nessas condições, não ocorre reação de oxirredução espontânea. Se os materiais não tendem a oxidar, ou seja, a serem corroídos, a acetona não é reduzida com facilidade.

IV) Correta. É recomendada a utilização de recipientes de aço inoxidável para a captação da água do mar, em condições normais de uso, enquanto há restrições em relação aos recipientes de aço carbono e latão, também sendo desaconselhável o emprego de recipientes de alumínio.

V) Incorreta. O simples fato de ser uma liga metálica não é indicativo de resistência ou não à corrosão. Tanto que aço inoxidável, aço carbono e latão são ligas metálicas, mas apresentam resistências variáveis em relação aos fluidos apresentados na tabela. Enquanto o aço inoxidável é o material de maior compatibilidade com os fluidos apresentados, o latão é o menos compatível. O latão é uma liga de cobre e zinco em que o cobre é o componente majoritário, o aço carbono é uma liga de ferro que contém menos de 2% de carbono sem

MODERNA

quantidades significativas de outros componentes e o aço inoxidável é uma liga de ferro e carbono que apresenta crômio e níquel em sua composição.

10. Alternativa **c**. Se a semirreação de oxidação do ferro apresenta potencial-padrão de oxidação de +0,44 V, a proteção ideal é aquela em que o metal tem um potencial de oxidação maior do que o do ferro, nesse caso, o alumínio. A alternativa **b** não é válida, pois se trata do potencial de redução do íon cobre(II), e não do cobre metálico. O contato entre íons cobre(II) e o ferro resultaria na formação de uma célula galvânica com a corrosão do ferro.

11. Alternativa **c**. Espera-se que os materiais formados essencialmente pelo metal alumínio formem uma camada de passivação constituída por óxido de alumínio em contato com o ar. A camada de passivação confere proteção anódica ao material, e assim o processo corrosivo é interrompido, ou seja, a taxa de corrosão cai a zero.

12. a) Como uma placa de 3,5 mm de espessura deve ter uma massa mínima por unidade de área de 500 g m^{-2}, tem-se:

Área da placa de ferro	Massa de zinco
1 m^2	500 g
30 m^2	m(Zn)

$$m(\text{Zn}) = \frac{30\ \text{m}^2 \cdot 500\ \text{g}}{1\ \text{m}^2} \therefore$$

$$m(\text{Zn}) = 15.000\ \text{g} = 15\ \text{kg}$$

b) Como uma placa de 1,3 mm de espessura deve ter uma massa mínima por unidade de área de 400 g m^{-2}, tem-se:

Área da placa de ferro	Massa de zinco
1 m^2	400 g
2 m^2	m(Zn)

$$m(\text{Zn}) = \frac{2\ \text{m}^2 \cdot 400\ \text{g}}{1\ \text{m}^2} \therefore$$

$$m(\text{Zn}) = 800\ \text{g}$$

Na galvanização, a deposição de zinco ocorre no cátodo de acordo com a seguinte semirreação:

$$Zn^{2+}(aq) + 2\ e^- \longrightarrow Zn(s)$$

Para encontrar o valor da intensidade da corrente, é necessário determinar a quantidade de elétrons que participaram do processo. Como a quantidade de elétrons é estequiometricamente proporcional à quantidade de zinco depositada na placa, em mol, tem-se:

Massa de zinco	Quantidade de matéria de zinco
65,4 g	1 mol
800 g	n(Zn)

$$n(\text{Zn}) = \frac{800\ \text{g} \cdot 1\ \text{mol}}{65{,}4\ \text{g}} \therefore$$

$$n(\text{Zn}) \approx 12{,}2\ \text{mol}$$

A quantidade de elétrons empregada no processo pode ser obtida pela seguinte relação:

Quantidade de zinco	Quantidade de elétrons
1 mol	2 mol
12,2 mol	$n(e^-)$

$$n(e^-) = \frac{12{,}2\ \text{mol} \cdot 2\ \text{mol}}{1\ \text{mol}} \therefore$$

$$n(e^-) = 24{,}4\ \text{mol}$$

Essa quantidade de elétrons corresponde a uma determinada quantidade de carga (Q). Assim:

Quantidade de elétrons	Quantidade de carga elétrica
1 mol	96.500 C
24,4 mol	Q

$$Q = \frac{24{,}4\ \text{mol} \cdot 96.500\ \text{C}}{1\ \text{mol}} \therefore$$

$$Q = 2.354.600\ \text{C}$$

Para que essa quantidade de carga seja aplicada ao longo de 20 horas, a intensidade de corrente (i) a ser aplicada pode ser calculada da seguinte forma:

$$Q = it$$

$$2.354.600\ \text{C} = i \cdot 20 \cdot 3.600\ \text{s}$$

$$i = \frac{2.354.600\ \text{C}}{72.000\ \text{s}} \therefore$$

$$i \approx 32{,}7\ \text{A}$$

MODERNA

13. Oxidação $Au(s) + 4\ Cl^-(aq) \longrightarrow AuCl_4^-(aq) + 3\ e^-$

Redução $NO_3^-(aq) + 4\ H^+(aq) + 3\ e^- \longrightarrow NO(g) + 2\ H_2O(l)$

Global $Au(s) + 4\ Cl^-(aq) + NO_3^-(aq) + 4\ H^+(aq) \longrightarrow NO(g) + 2\ H_2O(l) + AuCl_4^-(aq)$

$E°_{\text{célula galvânica}} = E°(\text{cátodo}) - E°(\text{ânodo}) \Rightarrow$

$\Rightarrow E°_{\text{célula galvânica}} = +0{,}96\ V - (+1{,}00\ V) \therefore$

$E°_{\text{célula galvânica}} = -0{,}04\ V$

Como $E° < 0$, a reação não é espontânea.

$$E_{\text{célula galvânica}} = E°_{\text{célula galvânica}} - \left(\frac{0{,}059\ V}{n}\right) \log Q$$

$$E_{\text{célula galvânica}} = -0{,}04\ V - \left(\frac{0{,}059\ V}{3}\right) \log \frac{[AuCl_4^-]pNO}{[H^+]^4[NO_3^-][Cl^-]^4}$$

Se os ácidos forem concentrados, o denominador de Q será maior que o numerador (em função dos expoentes das concentrações). Com isso, teremos $Q < 1$ e $\log Q < 0$, fazendo com que $E_{\text{célula galvânica}}$ seja positivo e a reação seja espontânea.

Tema 6

1. **a)** A funcionalização pode ser definida como um processo químico ou físico que introduz espécies químicas em uma superfície com o objetivo de alterar as propriedades de um material, conferindo alguma característica importante para a aplicação desse material.

b) Seriam espécies químicas que fazem com que a superfície do material apresente propriedades desfavoráveis à aplicação de interesse.

2. Alternativa **b**. O campo magnético alternado externo faz com que as nanopartículas magnéticas, que podem ser consideradas pequenos ímãs, movimentem-se de forma incessante, pois os ímãs tendem a se alinhar com o campo magnético externo. Ao se movimentarem, as nanopartículas colidem com as células tumorais que as fagocitaram; nessas colisões há transferência de calor por atrito.

3. Alternativa **c**. A agregação entre o petróleo, o LCC e as nanopartículas corresponde ao processo de floculação. Já a remoção dos flocos por meio da utilização de um ímã, que atrai as nanopartículas magnéticas presentes nesses flocos, consiste no processo de separação magnética.

4. **a)** A síntese é do tipo *bottom-up*, pois parte de uma solução formada com íons tetracloroplatinato(II) ($PtCl_4^{2-}$) que são reduzidos, formando platina metálica (Pt). Os átomos de platina se agregam para formar a nanopartícula. Assim, o processo parte de partículas menores do que as nanopartículas formadas ao final do processo.

b) As nanopartículas são formadas pela platina na forma metálica, em que o número de oxidação é zero. Dessa forma, o tetracloroplatinato(II) de potássio (K_2PtCl_4) é o precursor da platina, que apresenta número de oxidação +2. Já o boro-hidreto de sódio ($NaBH_4$) é o agente redutor ao mesmo tempo que possibilita a repulsão eletrostática entre as nanopartículas, estabilizando-as em meio líquido.

5. Alternativa **e**.

a) Incorreto.

$$\frac{\text{Diâmetro (fio de cabelo)}}{\text{Diâmetro (nanotubo de carbono)}} = \frac{100.000\ nm}{10\ nm} = 10.000$$

Um nanotubo de carbono é 10 mil vezes mais fino que um fio de cabelo.

b) Incorreto. Considerando que o diâmetro do fio de cabelo mede aproximadamente 100.000 nm, calcula-se a quantidade de átomos enfileirados para compor o diâmetro.

Átomos enfileirados	Comprimento
10 átomos	1 nm
x	100.000 nm

$x = 1.000.000$ de átomos

O diâmetro de um fio de cabelo equivale a 1 milhão de átomos enfileirados.

c) Incorreto.

Escala em micrômetro	Escala em nanômetro
10 μm	10.000 nm
1 μm	y

$y = 1.000$ nm

Um micrômetro (1 μm) equivale a 1.000 nanômetros.

d) Incorreto.

$$\frac{\text{Dimensão (hemácias)}}{\text{Dimensão (DNA)}} = \frac{10.000\ \text{nm}}{100\ \text{nm}} = 100$$

As hemácias são cerca de cem vezes maiores do que as moléculas de DNA, que, segundo o texto, apresentam tamanho equivalente ao de um vírus. Por isso, as hemácias são aproximadamente cem vezes maiores que um vírus.

e) Correto. O diâmetro do fio de cabelo mede aproximadamente 100.000 nm. Sabemos que 1 μm equivale a 1.000 nm, logo:

Escala em micrômetro	Escala em nanômetro
10 μm	10.000 nm
z	100.000 nm

$z = 100\ \mu m$

O diâmetro de um fio de cabelo tem cerca de 100 μm.

6. a) Porque as propriedades dos nanocatalisadores estão diretamente relacionadas com a área superficial das suas partículas. Para determinada quantidade de material, quanto menor o tamanho das partículas, maior é a área de superfície, o que influencia o número de interações entre as espécies químicas envolvidas na reação e o catalisador.

b) O trecho quer dizer que os nanomateriais apresentam propriedades únicas que não podem ser inferidas com base nas propriedades observadas pelos materiais em escala macroscópica. Essa extrapolação não pode ser feita, pois os fenômenos de superfície influenciam, principalmente, as interações dos nanomateriais com a radiação eletromagnética e as cargas elétricas, acarretando propriedades distintas em relação ao material em escala maiores que a nanométrica.

7. O agente redutor que está na superfície das nanopartículas de prata reage com os íons Ag^+ adicionados, reduzindo a repulsão eletrostática entre as nanopartículas. Assim, elas se agregam e formam partículas maiores. Como o tamanho das partículas influencia suas propriedades ópticas, ao mudar o tamanho dos agregados, a cor da solução também se alterou.

8. Alternativa **d**. Em função de suas dimensões, as nanopartículas podem atravessar poros e canais celulares. Como os dados toxicológicos ainda são escassos, isso poderia causar impactos desconhecidos aos seres vivos e até casos de bioacumulação. Além disso, suas propriedades, como elevada área superficial, podem levar a uma maior reatividade das nanopartículas com substâncias do ambiente.

9. a) Radiação eletromagnética na faixa de 650-950 nm apresenta a maior penetração, alcançando cerca de 3 mm de profundidade.

b) Um dos fatores a ser considerado é em qual das camadas do tecido se deseja liberar o medicamento. Caso o medicamento tenha que agir em alguma parte da derme, o nanocarreador a ser sintetizado deve ser ativado por radiação com comprimento de onda na faixa de 475-1.200 nm. Além disso, o nanocarreador pode ser funcionalizado a fim de interagir preferencialmente com o alvo. A funcionalização pode também ser empregada para aumentar a eficiência na captação da radiação pela nanopartícula.

Reflexões sobre a ciência

1. Resposta variável. Espera-se que os estudantes percebam que, apesar do aumento da participação das mulheres na Ciência, a parcela negra ainda não corresponde ao seu percentual na sociedade. Para ampliar a discussão, acesse e compartilhe com os estudantes o conteúdo disponível em: <http://www.openciencia.com.br/> (acesso em: 2 set. 2020), uma cartografia que revela rostos e pesquisas de mulheres cientistas. Acompanhar os estudantes nessa etapa da reflexão é essencial para promover a troca de ideias proposta na próxima questão. Durante o desenvolvimento da atividade, convém ressaltar que o uso das palavras negro, pardo e preto está definido no item IV do artigo 1º da Lei nº 12.288, de 20 de julho de 2010, que instituiu o Estatuto da Igualdade Racial e define a população negra como "o conjunto de pessoas que se autodeclaram pretas e pardas, conforme o quesito cor ou raça usado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ou que adotam autodefinição análoga". A Lei completa está disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12288.htm> (acesso em: 2 set. 2020).

2. Resposta variável. Espera-se que os estudantes discutam a respeito da representatividade de mulheres e mulheres negras na ciências e busquem justificativas para isso, com base nos dados apresentados no texto e em sua experiência de vida. Podem aparecer justificativas do tipo "chutei" ou "colocamos qualquer valor". Indicações como essas podem funcionar como ponto de partida para esclarecer aos estudantes que toda nova ideia produzida, nesse caso uma previsão, se baseia em conhecimentos ou crenças pessoais prévias e que até mesmo para o "chute" há uma explicação.
3. Incentive os estudantes a buscar informações sobre a pesquisadora na plataforma *Lattes*. No texto de divulgação, os estudantes podem citar a história, a linha de pesquisa e as premiações. Se possível, inserir uma fotografia para que todos a conheçam.

Pensamento crítico e argumentação

1. Espera-se que os estudantes respondam que as ações esperadas em um debate são aquelas apresentadas nos itens: **b**, **e**, **f**, **h**, **j**, **n** e **p**. Já as ações a serem evitadas em um debate estão expressas nos itens: **a**, **c**, **d**, **g**, **i**, **k**, **l**, **m**, **o**, **q** e **r**.
2. Espera-se que os estudantes mencionem como possibilidade de argumento forte o seguinte trecho: "é inútil desenvolver embriões híbridos de humanos e animais usando espécies evolutivamente distantes, como porcos e ovelhas, porque 'as células humanas serão eliminadas na fase inicial do experimento'". Nesse trecho, o cientista apresenta um fato, "as células humanas serão eliminadas na fase inicial", que está embasando a afirmação "é inútil desenvolver embriões híbridos de humanos e animais usando espécies evolutivamente distantes". O raciocínio está explicitado por meio de uma justificativa, que é apresentada a partir da conjunção "porque".
3. Resposta variável. Os estudantes podem apresentar fontes diversas e textos de diferentes pontos de vista. Espera-se, porém, que eles tenham tempo hábil para discutir e classificar as informações.
4. Resposta variável. Não há um modelo preestabelecido de anotação individual para os estudantes. Espera-se que tanto a pesquisa coletiva prévia realizada na questão 3 quanto a compreensão da importância de os debatedores conhecerem os possíveis argumentos de um debate ajudem a tornar os registros individuais mais naturais. Os estudantes podem fazer os seguintes registros: **argumentos a favor** – aqueles que apresentam os possíveis benefícios dessas técnicas para a cura de doenças ou que trazem citações de legislações que podem ser usadas como modelo para regular o uso dessas técnicas; **argumentos contrários** – aqueles que evidenciam a não naturalidade das técnicas e a necessidade de proteger as espécies animais.
5. Nessa etapa de síntese individual e autoral, espera-se que os estudantes sejam capazes de refletir sobre aquilo que encontraram em suas pesquisas e também a respeito do que foi abordado ou não no debate com a turma. O caráter reflexivo da atividade, que não pressupõe a apresentação de uma resposta fechada para os itens e para a pergunta desta seção, visa ajudá-los a perceber o papel do debate na compreensão de um tema e na fundamentação de suas resoluções.

Comunicação

A atividade proposta nesta seção está dividida em três etapas, mas ela pode ser facilmente ajustada à sua realidade. Fique à vontade para fazer os ajustes necessários. Durante o desenvolvimento da Etapa I, se julgar necessário, apresente aos estudantes o vídeo "Faça um controle de irrigação inteligente com Arduino", disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BDwgDO3MgDs> (acesso em: 2 set. 2020). Nele, os estudantes poderão visualizar e compreender algumas das etapas necessárias para o desenvolvimento e o funcionamento do protótipo, além de ter o primeiro contato com o Arduino Uno, que será utilizado nesta atividade. O vídeo permite, também, que os estudantes pensem em outras possibilidades de automação.

Todos os grupos podem escolher projetos de irrigação, mas devem apresentar mudanças significativas na linguagem de programação e/ou aplicativo utilizado pelo celular, além de mudanças nos tipos de sensor e/ou tipos de planta. Forneça aos estudantes quatro alternativas para o desenvolvimento do protótipo de irrigação com Arduino controlado por aplicativo IoT, utilizando um sensor de umidade e, em alguns casos, também o sensor de temperatura. Incentive-os a diversificar os tipos de protótipo, dando como sugestões: reposição de água e alimentos para animais, iluminação, ventilação etc.

MODERNA

UNIDADE 2
Análise forense

Abertura

Espera-se que os estudantes percebam pela foto que o processo de autuação dos postos de combustíveis envolve uma agência reguladora federal, no caso a ANP, um órgão municipal e a polícia, que é estadual. Eles também devem perceber pelo gráfico que a principal fraude relacionada à gasolina, em 2019, foi o desrespeito ao limites de etanol que pode ser adicionado a esse combustível, segundo a legislação. No que diz respeito às fontes de informação, espera-se que os estudantes respondam, que para saber se o posto já foi autuado por comercializar produtos adulterados de combustíveis, basta acessar o *site* da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP). É possível que alguns estudantes citem mídias como televisão, rádio e jornal.

Tema 1. O teste funciona com base na formação de uma mistura heterogênea ao se adicionar água à gasolina e na maior afinidade do etanol pela água. Em função das características de misturas de compostos polares e apolares que eles já tenham visto em seu cotidiano, como a mistura de água e óleo de cozinha, é esperado que os estudantes infiram que a água e a gasolina não são miscíveis, formando uma mistura heterogênea em que a água, por ser mais densa que a gasolina, ocupa a parte de baixo do recipiente de teste. A adição de água à mistura leva à transferência do etanol para a fase aquosa, aumentando o seu volume em comparação à água adicionada inicialmente. Essa variação de volume é proporcional à quantidade de etanol presente no combustível, permitindo que se avalie se a mistura está de acordo com os padrões exigidos.

Tema 2. Espera-se que os estudantes compreendam que o desenvolvimento científico e tecnológico, além de permitir o desenvolvimento de novos medicamentos, permite realizar análises para: determinar a composição química das substâncias presentes nos medicamentos; verificar se a quantidade do princípio ativo é aquela indicada na bula; e avaliar se há contaminantes indesejados. Assim, o uso de um medicamento pode ser realizado de forma mais segura e eventuais fraudes podem ser constatadas, minimizando os riscos ao consumidor.

Tema 3. Espera-se que os estudantes definam que, com base nas ideias de Mendel sobre hereditariedade, fatores hereditários, segregação etc., genes dos parentais são transmitidos aos seus descendentes por meio dos gametas, atribuindo-lhes características semelhantes às suas. Ao aliar esse conhecimento às tecnologias atuais do DNA, é possível identificar indivíduos por meio da análise de seu padrão genético; por exemplo, em cenas de crime, em que se comparam as amostras de material biológico encontradas como evidência com amostras da vítima e do suspeito. Pode-se, ainda, resolver questões sobre paternidade ao analisar, em conjunto, os padrões do DNA da mãe, da criança e do suposto pai.

Tema 4. Espera-se que os estudantes identifiquem que a alavanca é o tipo de máquina simples que está presente nos freios de carros e motos. Os freios ajudam na redução da velocidade do veículo, fazendo com que colisões sejam evitadas ou, quando a colisão é inevitável, que ela tenha um impacto menor, causando menos danos.

Tema 5. Espera-se que os estudantes relatem que, em um microscópio de luz, a ampliação é feita por meio de um conjunto de lentes e uma fonte de luz. Informe-os que a luz atravessa o objeto e é encaminhada para o canhão de lentes convergentes, formado pela objetiva e a ocular colocadas nas extremidades diametralmente opostas do canhão. Este apresenta um movimento de extensão e encurtamento responsável pela aproximação ou afastamento do conjunto de lentes. Quando o feixe luminoso atinge a lente objetiva, forma-se uma imagem intermediária e aumentada do objeto. Já a lente ocular funciona como uma lupa que amplia e produz a imagem final.

Tema 1

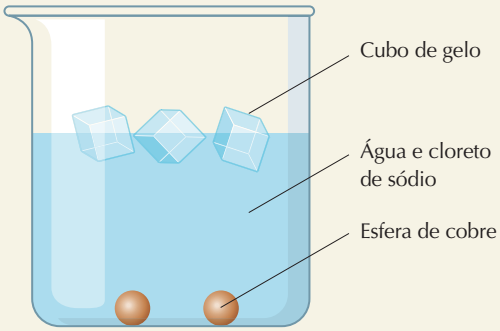
1. Alternativa **e**. A amostra II apresenta TE de 50 °C na pressão considerada. A amostra I aquece mais rapidamente que as outras, pois sua curva é a mais inclinada, ou seja, a que tem o maior coeficiente angular. Considerando que o enunciado informa que as três amostras estavam na fase sólida em $t = 0$, à temperatura de 50 °C, ainda não ocorreu a passagem para a fase líquida na amostra I. Apenas com os dados apresentados não é possível definir se a amostra I é uma substância ou uma mistura; no entanto, sabe-se que a amostra III é uma mistura, pois não apresenta mudanças de fase a temperatura constante.

2. Alternativa **e**. Trata-se de misturas homogêneas, uma vez que esses sistemas apresentam apenas uma fase.

3. **a)** Porque o marinheiro mandou fazer uma âncora com uma madeira menos densa que a água, e, como é possível observar na ilustração, a âncora flutua.

b) Não seria possível ancorar o navio, pois, como a âncora é menos densa que a água, ela não afunda. Os materiais utilizados na fabricação de âncoras de navios devem ser mais densos que a água, por exemplo ferro, pois assim elas afundam e mantêm os navios fixos.

4. **a)** Espera-se que os estudantes façam esquemas semelhantes ao apresentado a seguir.



(Imagem sem escala, cores-fantasia.)

Os estudantes devem utilizar as densidades de cada constituinte para justificar suas posições no esquema. As esferas de cobre apresentam maior densidade, ficam no fundo da solução aquosa de cloreto de sódio, e o gelo deve flutuar na solução, uma vez que apresenta menor densidade. Outra característica do sistema é que a solução aquosa deve estar esquematizada de modo que apresente apenas uma fase. Avalie se os estudantes compreenderam esse conceito por meio dos esquemas apresentados.

b) Há três fases no sistema: duas sólidas (uma formada por gelo e a outra pelo cobre) e uma líquida (formada pela solução aquosa de cloreto de sódio). O sistema apresenta três substâncias: água (nas fases sólida e líquida), cloreto de sódio e cobre.

c) Quando toda a água evaporou, restaram o cloreto de sódio e as esferas de cobre. Logo, o novo sistema apresenta duas fases e duas substâncias.

5. Primeiramente, calcula-se a massa de glifosato em solução após a diluição:

Massa de glifosato	Volume de solução
0,9 g	10^{-3} L
m(glifosato)	1 L

$$m(\text{glifosato}) = \frac{0{,}9\ \text{g} \cdot 1\ \text{L}}{10^{-3}\ \text{L}} = 900\ \text{g}$$

Com base no dado da densidade fornecido no enunciado, calcula-se a massa de solução após a diluição:

m(solução) = d(solução) · V(solução diluída)

m(solução) = 1,0 kg L^{-1} · 100 L = 100 kg = 0,1 g

Em seguida, determina-se a massa de herbicida proporcionalmente a 10^6 g de solução, de forma a se obter o valor da concentração em ppm.

Massa de glifosato	Massa da solução
900 g	0,1 g
m(glifosato)	10^6 g

$$m(\text{glifosato}) = \frac{900\ \text{g} \cdot 10^6\ \text{g}}{0{,}1\ \text{g}} = 9.000 \cdot 10^6\ \text{g}$$

Logo, a concentração de glifosato aplicada seria de 9.000 ppm e estaria acima do limite estipulado pela legislação brasileira.

6. Como os frascos apresentam o mesmo volume, pode-se afirmar que cada um deles contém volumes diferentes de líquidos: V_1 no frasco I, V_2 no frasco II e V_3 no frasco III.

A densidade é uma propriedade intrínseca da matéria, ou seja, é uma constante que não depende da quantidade de matéria e que relaciona massa e volume: $d = \frac{m}{V}$.

Sabendo que cada frasco contém a mesma massa (m) de líquido e, ainda, que o volume de líquido é inversamente proporcional à densidade, podemos inferir que o líquido de maior densidade deve ser aquele com menor volume no frasco. Assim, podemos escrever a seguinte igualdade:

$m = d(\text{água})V_1 = d(\text{metanol})V_2 = d(\text{etanol})V_3$

Ou seja, o frasco I contém água, o frasco II contém metanol, e o III contém etanol.

7. **I)** Verdadeira. Sendo $d = \frac{m}{V}$, para o mesmo valor de massa, a densidade é maior para as substâncias que apresentarem volume menor. O mesmo raciocínio pode ser utilizado para um volume fixo dessas substâncias. Dessa forma, em 10 mL de cada substância, a massa de X é maior que a de Y, que é maior que a de Z. Portanto, a ordem decrescente das densidades é X > Y > Z.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

II) Falsa. Para que duas substâncias apresentem massas iguais ocupando volumes iguais nas mesmas condições de temperatura e pressão, é necessário que tenham mesmo valor de densidade. No entanto, o gráfico mostra que X e Y não apresentam a mesma densidade.

III) Verdadeira. Sabendo que $d = \frac{m}{V}$, temos no ponto destacado $d = \frac{5\ g}{10\ mL} = 0{,}5\ g\ mL^{-1}$.

8. Primeiro, deve-se calcular o volume de etanol presente na bebida:

$V(\text{etanol}) = V(\text{solução}) \cdot 5\% \Rightarrow V(\text{etanol}) = 300\ mL \cdot 0{,}05$

$\therefore V(\text{etanol}) = 15\ mL$

Em seguida, utiliza-se a densidade do etanol na temperatura informada para se obter a massa da substância ingerida. Conforme a **Tabela 1.1**, $d(\text{etanol}) = 0{,}78934\ g\ mL^{-1}$. Assim,

$m = d \cdot V \Rightarrow m(\text{etanol}) = 0{,}78934\ g\ mL^{-1} \cdot 15\ mL$

$\therefore m(\text{etanol}) \approx 12\ g$

Depois, determina-se a massa de etanol que a pessoa consegue eliminar por hora considerando sua massa corporal:

$$m(\text{etanol})_{\text{metabolizado}} = \frac{0{,}2\ g \cdot 70\ kg}{1\ kg} = 14\ g$$

Por fim, calcula-se o tempo necessário para eliminar a quantidade de etanol ingerida:

Tempo de metabolização	Massa de etanol
60 min	14 g
t	12 g

$\therefore t \approx 51\ min$

9. Em primeiro lugar, calcula-se a quantidade de matéria necessária para preparar 7 L de uma solução de ácido clorídrico de concentração 0,8 mol L^{-1}:

Quantidade de matéria de HCl	Volume da solução
0,8 mol	1 L
n(HCl)	7 L

$n(\text{HCl}) = 5{,}6\ mol$

A próxima etapa consiste em calcular a massa de HCl que representa 5,6 mol. Utilizando a tabela periódica, podemos calcular a massa molar do HCl (36,5 g mol^{-1}). Com o valor da massa molar, temos:

$m = nM = 5{,}6\ mol \cdot 36{,}5\ g\ mol^{-1} = 204{,}4\ g$

Em seguida, utilizando o valor da fração mássica de ácido clorídrico na solução estoque, podemos calcular a massa da solução necessária:

Massa de solução	Massa de HCl
100 g	37,5 g
m(solução estoque)	204,4 g

$m(\text{solução estoque}) \approx 545{,}1\ g$

Finalmente, utilizando o valor da densidade, calculamos o volume necessário de solução estoque para preparar a solução requerida:

$$V = \frac{m}{d} = \frac{545{,}1\ g}{1{,}2\ g\ cm^{-3}} = 454{,}2\ cm^{-3}$$

A unidade de volume em cm^3 é equivalente ao mL; dessa forma, o volume necessário para fazer a solução requerida é de 454,2 mL de ácido clorídrico concentrado.

10. a) O técnico empregou a técnica da volumetria de neutralização ou titulação.

b) $HCl(aq) + KOH(aq) \longrightarrow KCl(aq) + H_2O(l)$

c) Com base na estequiometria da reação, podemos estabelecer a igualdade entre as quantidades de matéria do analito e do titulante em função da razão molar, 1, nesse caso:

$n(\text{analito}) = n(\text{titulante}) \cdot \text{razão molar}$

Como $n = cV$, temos:

$c(\text{analito}) \cdot V(\text{analito}) = c(\text{titulante}) \cdot V(\text{titulante}) \cdot \text{razão molar}$

$c(\text{analito}) \cdot 0{,}05\ L = 0{,}100\ mol\ L^{-1} \cdot 0{,}025\ L \cdot 1$

$c(\text{analito}) = 0{,}05\ mol\ L^{-1}$

MODERNA

No início do processo, 10 mL da solução de KOH foram diluídos. Por fim, determinamos a concentração inicial:

$c(\text{inicial}) \cdot V(\text{inicial}) = c(\text{final}) \cdot V(\text{final})$

$c(\text{inicial}) \cdot 0{,}01\ \text{L} = 0{,}05\ \text{mol L}^{-1} \cdot 0{,}05\ \text{L}$

$c(\text{inicial}) = 0{,}25\ \text{mol L}^{-1}$

11. a) Entre 0 °C e 4 °C (trecho ascendente da curva).

b) De acordo com o gráfico, a densidade da água a 0 °C – temperatura de congelamento da água – é cerca de 0,985 g mL^{-1}. No entanto, a densidade do gelo a essa mesma temperatura é 0,9 g mL^{-1}. Assim, podemos concluir que a densidade representada no gráfico corresponde à da água líquida a uma temperatura de 0 °C.

12. As soluções indicadas apresentam diferentes medidas de molalidade, e cada soluto apresenta um diferente fator de van't Hoff.

Para a solução de cloreto de sódio:

$b = \frac{n}{m} = \frac{3\ \text{mol}}{1\ \text{kg}} = 3\ \text{mol kg}^{-1}$

$i = 2$

Para a solução de glicose:

$b = \frac{n}{m} = \frac{5\ \text{mol}}{1\ \text{kg}} = 5\ \text{mol kg}^{-1}$

$i = 1$

a) Como o aumento da temperatura de ebulição é proporcional à molalidade corrigida pelo fator de van't Hoff, $\Delta T = K_e bi$, e a constante ebulioscópica é a mesma nas duas soluções, o valor de ΔT é maior na solução de NaCl, $6K_e$, enquanto para a glicose o valor de ΔT é $5K_e$. Assim, a solução de cloreto de sódio apresentará maior temperatura de ebulição.

b) Pelo mesmo raciocínio, a solução de glicose terá maior temperatura de congelamento; em outras palavras, o índice crioscópico (ΔT) será menor.

13. a) O lote preparado pela empresa apresentou concentração de 46 °GL, ou 46% em volume de etanol. No entanto, a graduação em °INPM indica a fração mássica desse soluto.

b) A empresa pode empregar 460 kg de etanol e 540 kg de água, a fim de atingir a concentração desejada.

c) Nos rótulos deve constar a concentração 46 °GL, ou 46% em volume. Para apresentar o valor em °INPM, deve-se calcular a massa correspondente aos volumes misturados, ou seja, 460 L de etanol correspondem a 363,4 kg e 540 L de água correspondem a 540 kg, usando os valores de densidade 0,79 g mL^{-1} e 1,00 g mL^{-1}, respectivamente. Assim, poderia ser apresentado no rótulo o valor de 40 °INPM.

d) Pode-se checar no gráfico a densidade da mistura. Nesse caso, 0,90 g mL^{-1}. Uma solução a 46 °INPM teria maior massa de etanol em comparação com a solução a 46 °GL e, por isso, densidade menor do que a indicada.

Tema 2

1. Poderão ser utilizados os ácidos clorídrico (HCl), bromídrico (HBr), iodídrico (HI) ou sulfúrico (H_2SO_4). Isso porque esses ácidos apresentam, em sua composição, ânions que formam sais insolúveis em água com íons Ag^+.

2. Como a proporção entre cátions e ânions nos três sais é a mesma, é possível analisar diretamente os valores de K_s; assim, o sal com o menor K_s é o de menor solubilidade, em mol L^{-1}. Logo, o sal menos solúvel é o iodato de chumbo(II), $Pb(IO_3)_2$.

3. Por meio do valor da solubilidade de um composto químico, podemos determinar a concentração, em mol L^{-1}, dos íons em solução e, assim, definir a constante do produto de solubilidade multiplicando essas concentrações, elevadas aos coeficientes estequiométricos dos respectivos íons.

4. O valor do produto de solubilidade do sulfato de cálcio é dado por:

$K_s(CaSO_4) = [Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = 2{,}4 \cdot 10^{-5}$

De acordo com a estequiometria da reação, podemos estabelecer que:

$[Ca^{2+}] = [SO_4^{2-}] = [CaSO_4] = c$

Assim,

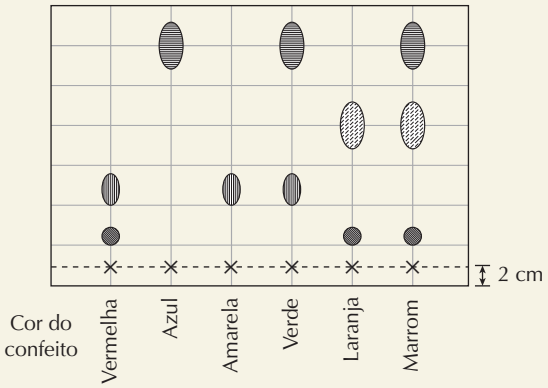
$[Ca^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] = 2{,}4 \cdot 10^{-5}$

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

$\therefore [CaSO_4] \approx 4{,}9 \cdot 10^{-3}\ \text{mol L}^{-1}$

MODENA

5. Alternativa **d**. A cromatografia em papel permitiu a separação dos corantes empregados para produzir os confeitos com cores diferentes. A separação cromatográfica revelou que o corante amarelo é constituído, provavelmente, de apenas um tipo de molécula ou mais moléculas, mas que não puderam ser identificadas por esse método. Os confeitos que apresentaram manchas com mesmo fator de retenção utilizam o corante amarelo. Assim, os confeitos na cor vermelha, verde e amarela apresentaram um padrão semelhante, conforme a imagem a seguir.



× indica o ponto de aplicação de cada amostra.

6. Cálculo da quantidade de matéria de AgCl:

Quantidade de matéria de AgCl	Massa de AgCl
1 mol	$143 \cdot 10^6$ μg
n(AgCl)	520 μg

$$n(\text{AgCl}) = \frac{1\ \text{mol} \cdot 520\ \mu\text{g}}{143 \cdot 10^6\ \mu\text{g}}$$

$\therefore n(\text{AgCl}) \approx 3{,}64 \cdot 10^{-6}$ mol

Cálculo do volume de água:

A solubilidade do cloreto de prata a 50 °C é igual a 520 μg/100 g de água. Considerando a densidade da água igual a 1 g mL^{-1}, tem-se:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$1\ \text{g mL}^{-1} = \frac{100\ \text{g}}{V}$$

$V = 100$ mL $= 0{,}1$ L

Cálculo da solubilidade, em mol L^{-1}, de AgCl:

Quantidade de matéria de AgCl	Volume de solução
$3{,}64 \cdot 10^{-6}$ mol	0,1 L
n(AgCl)	1 L

$$n(\text{AgCl}) = \frac{(3{,}64 \cdot 10^{-6}) \cdot 1\ \text{L}}{0{,}1\ \text{L}}$$

$\therefore n(\text{AgCl}) \approx 3{,}64 \cdot 10^{-5}$ mol

O equilíbrio de solubilização do cloreto de prata em água é representado a seguir.

$$\text{AgCl (s)} \overset{\text{H}_2\text{O}}{\rightleftharpoons} \text{Ag}^+\text{(aq)} + \text{Cl}^-\text{(aq)}$$

Considerando a relação estequiométrica da equação química, tem-se:

$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = s = 3{,}64 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}

$K_s(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = s^2$

$K_s(\text{AgCl}) = (3{,}64 \cdot 10^{-5}\ \text{mol L}^{-1})^2$

$\therefore K_s(\text{AgCl}) \approx 1{,}32 \cdot 10^{-9}$

7. **a)** Os estudantes devem reconhecer que as ligações químicas entre os átomos são polares e que a geometria das moléculas define o momento dipolo elétrico resultante. Assim, as moléculas B e C são classificadas como polares ($\vec{\mu}_r \neq 0$) e a molécula D é apolar ($\vec{\mu}_r = 0$).

b) Ao reconhecer a polaridade das espécies, devemos estabelecer qual tipo de interação é mais intenso entre os pares, que em geral não apresentam um único tipo de interação. Assim: em A—B, a interação mais intensa é íon-dipolo permanente. Em B—C, é ligação de hidrogênio. Em C—D, é dipolo permanente-dipolo induzido. Em D—D, é dipolo instantâneo-dipolo induzido.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

8. Alternativa **e**. O enunciado indica que o óleo da semente de linhaça é rico em substâncias lipossolúveis de massas moleculares elevadas. Portanto, essas substâncias são solúveis em solventes orgânicos e apresentam temperatura de ebulição elevada. O extrato etéreo é uma solução dessas substâncias em éter etílico. No processo de destilação desse extrato, o éter etílico, mais volátil, é obtido no destilado 1, e o óleo de linhaça é obtido no resíduo 4.

9. Alternativa **d**. O enunciado estabelece que "É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida" e que "Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente". Entre as moléculas apresentadas, as que interagem mais fortemente com a água são a capsorubina e a α-criptoxantina. Ambas apresentam o grupo hidroxila (—OH) e, por isso, interagem com as moléculas de água por meio de ligações de hidrogênio. A capsorubina apresenta mais grupos hidroxila e dois grupos carbonila (C═O), o que indica a presença de mais regiões hidrofílicas, em comparação com a α-criptoxantina. Portanto, a capsorubina migra mais lentamente.

Tema 3

1. Alternativa **c**. As plantas parentais eram chamadas "puras" por Mendel e tinham genótipo homozigótico: amarelas VV e verdes vv. Assim, todos os indivíduos de F_1 são heterozigóticos, ou seja, têm genótipo Vv, como é evidenciado pela proporção fenotípica de F2.

2.

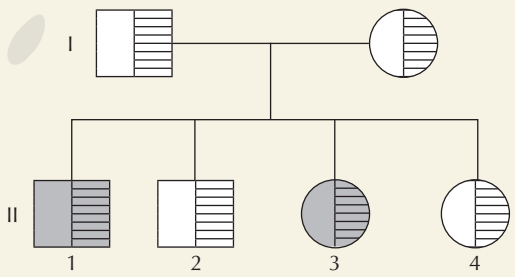
		Vvrr	
		Vr	**vr**
VvRr	**VR**	**VVRr** Amarela lisa	**VvRr** Amarela lisa
	Vr	**VVrr** Amarela rugosa	**Vvrr** Amarela rugosa
	vR	**VvRr** Amarela lisa	**vvRr** Verde lisa
	vr	**Vvrr** Amarela rugosa	**vvrr** Verde rugosa

3. Alternativa **c**. Como os óvulos que serão fecundados derivam de um parental Aa, toda a prole será dextrógira.
Molusco **Aa** produzirá óvulos: **A** e **a**.
Molusco **aa** produzirá espermatozoides: **a**.

		Óvulos	
		A	**a**
Espermatozoides	**a**	Aa	aa

Assim, $\frac{1}{2}$ da prole será **Aa** e $\frac{1}{2}$ **aa**.

4. **a)** A ordem de nascimento dos filhos não é dada no enunciado; assim, a ordem de sua representação pode ser diferente da mostrada na imagem a seguir.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

b) Porque duas das crianças apresentam fenótipos que não aparecem no pai, tampouco na mãe. Os genótipos são: pai – **PpLl**; mãe – **PpLl**; criança II-1 – **ppll**; criança II-2 – **P_L_**; criança II-3 – **ppll**; criança II-4 – **P_L_**.

MODERNA

5. Alternativa **b**.

a) Incorreta, pois o filho é **ii**, a mãe é **ii** e o pai pode ser $\mathbf{I^Ai}$, transmitindo ao filho o alelo **i**.

b) Correta, pois o filho é $\mathbf{I^AI^B}$, a mãe é $\mathbf{I^AI^B}$ e o pai, **ii**. Desse modo, o pai só pode produzir espermatozoides com o alelo **i**, o que é incompatível com o tipo sanguíneo AB do filho.

c) Incorreta, pois o filho é $\mathbf{I^AI^B}$, a mãe é $\mathbf{I^A}$_ e o pai, $\mathbf{I^B}$_. Assim, o pai pode ter transmitido ao filho o alelo $\mathbf{I^B}$.

d) Incorreta, pois o filho é $\mathbf{I^B}$_, a mãe é $\mathbf{I^B}$_ e o pai, **ii**. Assim, o pai pode ter transmitido ao filho o alelo **i**, pois o filho pode ter genótipo $\mathbf{I^Bi}$.

e) Incorreta, pois o filho é $\mathbf{I^A}$_, a mãe é $\mathbf{I^A}$_ e o pai, $\mathbf{I^B}$_. Assim, o pai pode ser heterozigótico, $\mathbf{I^Bi}$, e ter transmitido para o filho o alelo **i**.

6. Alternativa **b**. O sangue tipo A tem aglutinogênios tipo A, que reagem com os anticorpos Anti-A presentes no soro e aglutinam. Já o sangue tipo B tem aglutinogênios tipo B, que reagem com os anticorpos Anti-B presentes no soro e aglutinam. O sangue tipo AB tem aglutinogênios tipo A e tipo B, que reagem com os anticorpos Anti-A e Anti-B presentes no soro e aglutinam. O sangue tipo O não tem aglutinogênios, por isso não há reação com os anticorpos Anti-A e Anti-B presentes no soro. Nesse caso, portanto, não há aglutinação. O lote que apresenta aglutinação apenas na presença de soro Anti-A é o II, que contém 25 litros.

7. Alternativa **b**. Pelos genótipos apresentados, tanto Bentinho quanto Escobar podem ser pais biológicos de Ezequiel.

Bentinho: **ii rr** × Capitu $\mathbf{I^AI^B}$ **Rr**.

Ezequiel: $\mathbf{I^Ai}$ **rr**.

Para saber o genótipo de Escobar, é preciso analisar o genótipo de sua filha e de Sancha.

Sancha: $\mathbf{I^B}$_**Rr**.

Filha: $\mathbf{I^AI^B}$ **rr**.

Assim, Escobar deve ser $\mathbf{I^A}$_ _**r**, podendo também ser pai de Bentinho.

8. Alternativa **d**. Apenas o sangue tipo O não apresenta os antígenos que reagem com as aglutininas Anti-A e Anti-B. Esse tipo sanguíneo corresponde a 80 pessoas no gráfico.

9. **a)** Sim, pois as bandas da eletroforese do DNA da criança que não existem no DNA da mãe estão presentes no DNA do suposto pai.

b) A amostra de sangue é de uma terceira pessoa, pois não corresponde aos padrões nem da vítima nem do suspeito.

Tema 4

Prática investigativa

Prepare-se!

Uma colisão é caracterizada como elástica, inelástica ou parcialmente elástica.

Nas colisões inelásticas, a deformação permanente é maior e a velocidade de afastamento entre os corpos (que colidiram) é nula. Em uma colisão perfeitamente elástica, não há deformação permanente, isto é, caso ocorra uma pequena deformação nas superfícies de contato durante a colisão, a forma das superfícies será restituída e voltará ao normal após a colisão.

O coeficiente de restituição é um valor numérico associado a essa classificação, correspondendo aos valores zero para totalmente inelástica e 1 para totalmente elástica. Nas colisões parcialmente elásticas, o valor desse parâmetro é intermediário entre zero e 1. O coeficiente de restituição (e) pode ser calculado como:

$$e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}}$$

Discuta com seus colegas

1. Desconsiderando a resistência do ar, a queda se dá com um MUV; logo, a linha de tendência obtida na planilha é equivalente a $s = s_0 + v_0t + \frac{a}{2}t^2$. Portanto, a aceleração de queda corresponde ao dobro do valor que está multiplicando o tempo ao quadrado na equação obtida pelo ajuste na planilha eletrônica.

MODERNA

2. Observando a tabela de altura em função do tempo, determinamos o instante em que a velocidade para de aumentar, isto é, o instante em que deixa de ocorrer acréscimo na velocidade de queda em relação ao intervalo anterior. Determinando esse instante e chamando-o de t_2, calculamos a velocidade de chegada ao solo como $v = v_0 + at \therefore v = a \cdot t_2$, uma vez que v_0 é nulo.
Para calcular pelo segundo método, toma-se como h_2 a altura no instante t_2 (determinado acima) e toma-se como h_1 a altura na célula anterior da tabela, correspondente a um quadro de observação anterior. A velocidade média nesse intervalo é calculada como $v_m = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1}$. Em geral, há uma pequena diferença entre os dois resultados decorrentes de erros experimentais.

3. Utilizando o segundo método descrito na resolução anterior, a velocidade de afastamento do passageiro após a colisão pode ser determinada. Chamando de v a velocidade de aproximação (calculada na questão 2) e de v' a velocidade de afastamento, o coeficiente de restituição pode ser calculado como $e = \frac{v'}{v}$. Se v' for 0, a colisão será classificada como totalmente inelástica. Sendo v' diferente de zero, ele será sempre menor que v, uma vez que em qualquer material utilizado haverá dissipação de energia durante a colisão. Dessa forma, a colisão será parcialmente elástica.

4. Sabendo a massa m do passageiro, os módulos das quantidades de movimento podem ser calculados como:
$Q_{antes} = mv$
$Q_{depois} = mv'$
Sendo que v e v' foram determinados nas resoluções das questões 2 e 3.
Como o impulso total durante a colisão corresponde à variação da quantidade de movimento e como a quantidade de movimento final é oposta à quantidade de movimento inicial, temos:
$\vec{I} = \vec{Q}_{depois} - \vec{Q}_{antes} \therefore |\vec{I}| = |\vec{Q}_{depois}| + |\vec{Q}_{antes}|$

5. Em geral, quanto maior for a deformação permanente do veículo, isto é, quanto mais inelástica for a colisão, menor será a quantidade de movimento após a colisão. Como vemos na resposta da questão 4, quanto menor a quantidade de movimento depois da colisão, menor o impulso aplicado no passageiro. Como o objetivo da atividade é proteger o passageiro, queremos justamente o menor impulso possível.

6. Espera-se que os alunos identifiquem as eventuais dificuldades encontradas durante a realização do experimento e as registrem, propondo sugestões de melhorias.

7. Resposta pessoal.

1. Após 10 s, o módulo da velocidade do carro é de:
$v = v_0 + at \Rightarrow v = 0 + 3 \cdot 10 \therefore v = 30 \text{ m s}^{-1}$
Portanto, o módulo da quantidade de movimento do carro de massa 1 t = 1.000 kg é:
$Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 1.000 \cdot 30 \therefore Q = 3 \cdot 10^4 \text{ kg m s}^{-1}$

2. A intensidade do impulso que age no bloco é dada por:
$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow I = 20 \cdot 5 \therefore I = 100 \text{ N s}$

3. Considerando o sentido do movimento do bloco como o sentido positivo do eixo da trajetória horizontal, sabemos que a intensidade da resultante das forças (F_R) no bloco é:
$F_R = F_1 - F_2 \Rightarrow F_R = 10 - 4 \therefore F_R = 6 \text{ N}$
Portanto, a intensidade do impulso sobre o bloco durante 15 s é dada por:
$I = F_R \cdot \Delta t \Rightarrow I = 6 \cdot 15 \therefore I = 90 \text{ N s}$

4. Considerando o sentido do movimento do peixe como o sentido positivo do eixo da trajetória horizontal, temos, pela conservação da quantidade de movimento:
$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow m_1 \cdot v_{1(inicial)} + m_2 \cdot v_{2(inicial)} = (m_1 + m_2) \cdot v_{final} \Rightarrow$
$\Rightarrow 8 \cdot 0{,}5 + 0{,}2 \cdot (-1) = (8 + 0{,}2) \cdot v_{final} \Rightarrow 3{,}8 = 8{,}2 \cdot v_{final}$
$\therefore v_{final} \simeq 0{,}46 \text{ m s}^{-1}$

MODERNA

5. Adotando o sentido do movimento da bola A como o sentido positivo do eixo da trajetória horizontal, pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow m_A \cdot v_{A(inicial)} + m_B \cdot v_{B(inicial)} = m_A \cdot v_{A(final)} + m_B \cdot v_{B(final)} \Rightarrow$
$\Rightarrow 0{,}15 \cdot 8 + 0{,}15 \cdot (-6) = 0{,}15 \cdot v_{A(final)} + 0{,}15 \cdot v_{B(final)} \Rightarrow 2 = v_{A(final)} + v_{B(final)}$
$\therefore v_{A(final)} + v_{B(final)} = 2 \quad ①$

O coeficiente de restituição é igual a 0,5, logo:

$e = \dfrac{v_{B(final)} - v_{A(final)}}{v_{A(inicial)} - v_{B(inicial)}} \Rightarrow 0{,}5 = \dfrac{v_{B(final)} - v_{A(final)}}{8 - (-6)}$
$\therefore v_{B(final)} - v_{A(final)} = 7 \quad ②$

Resolvendo o sistema de equações composto pelas equações ① e ②, encontramos:

$v_{A(final)} = -\dfrac{5}{2}\ m\ s^{-1}$ e $v_{B(final)} = \dfrac{9}{2}\ m\ s^{-1}$

6. Adotando o sentido do movimento da bola de tênis como o sentido positivo do eixo da trajetória horizontal, pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow$
$\Rightarrow m_{máq\,(inicial)} \cdot v_{máq\,(inicial)} + m_{bola\,(inicial)} \cdot v_{bola\,(inicial)} = m_{máq\,(final)} \cdot v_{máq\,(final)} + m_{bola\ (final)} \cdot v_{bola\ (final)} \Rightarrow$
$\Rightarrow 0 = 25 \cdot v_{máq\,(final)} + 58 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \Rightarrow 0 = 25 \cdot v_{máq\,(final)} + 1{,}624 \Rightarrow 25 \cdot v_{máq\,(final)} = -1{,}624$
$\therefore v_{máq\,(final)} \simeq -0{,}065\ m\ s^{-1}$

7. Adotando o sentido do movimento da bola de massa *m* como o sentido positivo do eixo da trajetória horizontal, pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow m_A \cdot v_{A(inicial)} + m_B \cdot v_{B(inicial)} = m_A \cdot v_{A(final)} + m_B \cdot v_{B(final)} \Rightarrow$
$\Rightarrow m \cdot 5 + 2m \cdot (-3) = m \cdot v_{A(final)} + 2m \cdot v_{B(final)} \Rightarrow$
$\Rightarrow 5 - 6 = v_{A(final)} + 2v_{B(final)} \Rightarrow v_{A(final)} + 2v_{B(final)} = -1 \quad ①$

Como a colisão é perfeitamente elástica, o coeficiente de restituição é igual a 1; logo:

$e = \dfrac{v_{B(final)} - v_{A(final)}}{v_{A(inicial)} - v_{B(inicial)}} \Rightarrow 1 = \dfrac{v_{B(final)} - v_{A(final)}}{5 - (-3)} \Rightarrow v_{B(final)} - v_{A(final)} = 8\ ②$

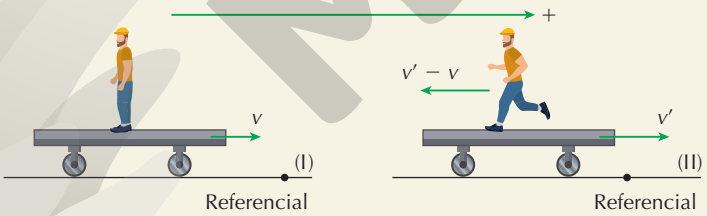
Resolvendo o sistema de equações composto pelas equações ① e ②, encontramos:

$v_{A(final)} = -\dfrac{17}{3}\ m\ s^{-1}$ e $v_{B(final)} = \dfrac{7}{3}\ m\ s^{-1}$

8. Alternativa **b**. Considerando que o projétil é lançado horizontalmente para a direita, no sentido positivo da trajetória, temos, pela conservação da quantidade de movimento:

$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow 0 = m_{canhão(final)} v_{canhão\,(final)} - m_{projétil\,(final)} v_{projétil\,(final)} \Rightarrow$
$\Rightarrow 0 = 600 \cdot v_{canhão\,(final)} - 3 \cdot 800 \Rightarrow 600 \cdot v_{canhão\,(final)} = 3 \cdot 800 \Rightarrow$
$\Rightarrow v_{canhão\,(final)} = \dfrac{2.400}{600} \therefore v_{canhão\,(final)} = 4\ m\ s^{-1}$

9. Alternativa **a**. A figura a seguir ilustra a situação.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Considerando que, inicialmente, o conjunto se move no sentido positivo do eixo *x* com velocidade *v*, temos, pela conservação da quantidade de movimento (nas equações a seguir o subscrito "t" é referente ao trabalhador e o subscrito "p" é referente à plataforma):

$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow$
$\Rightarrow m_{t(inicial)} v_{t(inicial)} + m_{p(inicial)} v_{p(inicial)} = m_{t(final)} v_{t(final)} + m_{p(final)} v_{p(final)} \Rightarrow$
$\Rightarrow m \cdot v + M \cdot v = m \cdot (v' - v) + M \cdot v' \Rightarrow$
$\Rightarrow m \cdot v + M \cdot v = m \cdot v' - m \cdot v + M \cdot v' \Rightarrow$
$\Rightarrow (2m + M) \cdot v = (m + M) \cdot v' \therefore v' = \dfrac{(2m + M)}{(m + M)} v$

10. Alternativa **b**. O risco de lesão está associado com a intensidade da força. Assim, o modelo de cinto que oferece menor risco é aquele que tem menor aceleração. Analisando o gráfico, isso ocorre com o cinto de número 2.

MODERNA

Tema 5

1. Alternativa **e**.

I) Correta.

II) Incorreta. Quanto maior o índice de refração de um meio, maior será seu índice de refração.

III) Incorreta. A relação é dada pela lei de Snell-Descartes:

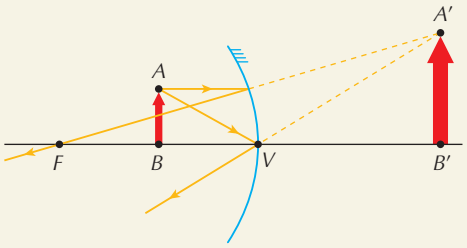
$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$

IV) Incorreta. O seno do ângulo para que ocorra reflexão interna total é dado por:

$\text{sen } L = \frac{n_{menor}}{n_{maior}}$

V) Correta.

2. Alternativa **c**. Dado que a imagem é direita e maior que o seu rosto, a garota deve estar de frente, entre o foco e o vértice de um espelho côncavo, como indica a figura a seguir.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

3. Alternativa **b**. A imagem é formada no anteparo; portanto, $p' = 2\text{ m} = 200\text{ cm}$. Assim, pela equação de Gauss, temos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{p} + \frac{1}{200} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{1}{10} - \frac{1}{200} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{19}{200} \therefore p \simeq 10{,}6\text{ cm}$

Então, a partir da equação para o aumento linear transversal, temos:

$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow A = -\frac{200}{10{,}6} \therefore A \simeq -19$

Portanto, a imagem é invertida e aproximadamente 19 vezes maior que o objeto.

4. Alternativa **b**. Dados $f = -\frac{R}{2}$ (espelho convexo) e $p = R$, temos, pela equação de Gauss:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{\left(-\frac{R}{2}\right)} = \frac{1}{R} + \frac{1}{p'} \Rightarrow -\frac{2}{R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{p'} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{p'} = -\frac{2}{R} - \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{p'} = -\frac{3}{R} \therefore p' = -\frac{R}{3}$

Assim, o comprimento do segmento VP é $\frac{R}{3}$.

5. Dadas a distância focal do espelho convexo de $f = -15\text{ cm}$ e a distância entre o objeto e o espelho de $p = 10\text{ cm}$, pela equação de Gauss, temos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow -\frac{1}{15} = \frac{1}{10} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{p'} = -\frac{1}{15} - \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{p'} = -\frac{25}{150}$

$\therefore p' = -6\text{ m}$

Então, a partir da equação para o aumento linear transversal, temos:

$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow A = -\frac{(-6)}{10} \therefore A = 0{,}6$

Portanto, a imagem é virtual ($p' < 0$), menor e direita ($A > 0$).

6. Como se trata de uma imagem virtual ($p' < 0$) e maior ($A > 0$), temos uma lente convergente; portanto, $f = 2{,}2\text{ cm}$. Assim, usando a equação para o aumento linear transversal, temos:

$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow 11 = -\frac{p'}{p} \Rightarrow p' = -11p$

Então, pela equação de Gauss, temos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{2{,}2} = \frac{1}{p} + \frac{1}{(-11p)} \Rightarrow \frac{1}{2{,}2} = \frac{1}{p} - \frac{1}{11p} \Rightarrow \frac{1}{2{,}2} = \frac{10}{11p} \therefore p = 2\text{ cm}$

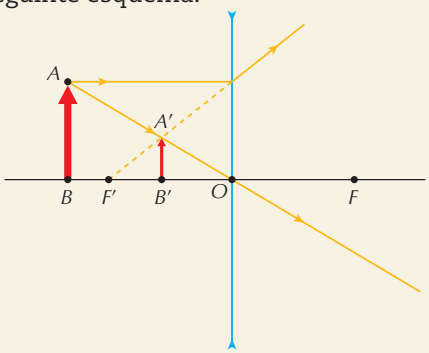
MODERNA

7. Alternativa **a**. Com base no gráfico, vemos que o aumento linear transversal é sempre menor, independentemente da posição do objeto. Portanto, trata-se de uma lente divergente que sempre gera uma imagem menor, virtual e direita. Além disso, quando o objeto está a 6 cm da lente, temos um aumento linear transversal de $A \simeq 0{,}625$, portanto:

$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow 0{,}625 = -\frac{p'}{6} \therefore p' = -3{,}75$ cm

Logo, a imagem será formada a 3,75 cm da lente.

8. Do enunciado, temos o seguinte esquema:



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Portanto, pela equação de Gauss, temos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{(-10)} = \frac{1}{40} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{p'} = -\frac{1}{10} - \frac{1}{40} \Rightarrow \frac{1}{p'} = -\frac{5}{40} \therefore p' = -8$ cm

Assim, a partir da equação para o aumento linear transversal, temos:

$\frac{y'}{y} = -\frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{y'}{15} = -\frac{(-8)}{40} \therefore y' = 3$ cm

Portanto, a imagem é virtual, direita e menor que o objeto.

Reflexões sobre a ciência

1. É esperado que os estudantes respondam não ser possível. Entretanto, durante o trabalho com essa questão, mencione que é possível, mas não correto, expressar o valor da grandeza dessa forma. Explique que, sendo o dígito 4 o algarismo conhecido, o 2 e o 5 seriam incertos, frutos de estimativa e que, por definição, os algarismos significativos em um número contêm apenas um algarismo duvidoso.

2. Espera-se que os estudantes respondam que as massas são iguais, pois o mesmo objeto foi alvo da medição. Entretanto, os resultados das medições são diferentes. O primeiro valor, $m = 0{,}35$ kg, tem dois algarismos significativos, e o segundo, três. Isso indica que a resolução dos equipamentos é diferente. Logo, a incerteza da primeira medição recai sobre o dígito 5 e, da segunda, sobre o dígito 0. Peça aos estudantes que escrevam os dois resultados na forma de notação científica, de modo que fique mais evidente a quantidade de algarismos significativos.

3. **a)** Não. Os pesos e as medidas do texto se referem a julgamentos de valor, e não a resultados de medições.

b) Espera-se que os estudantes respondam que não, pois, para a medição de uma grandeza, é utilizado um padrão que não varia segundo a conveniência de quem faz a medida.

c) Resposta variável. Espera-se que os estudantes indiquem que medir significa comparar com um padrão preestabelecido. Nesse sentido, o texto da questão aborda a temática da injustiça, utilizando a ideia de que, quando há "dois pesos e duas medidas", não há um padrão que valha para todos.

Pensamento crítico e argumentação

1. Espera-se que os estudantes apresentem como comparações as frases ou trechos em que há semelhanças. Os itens em que podemos encontrar essas características são: **b**, **g** (o começo da frase), **j**, **k**, **l**, **n**, **o** ("... semelhantes..."). Espera-se, também, que apresentem como contrastes as frases em que há divergências, representadas pelos itens: **a**, **c**, **d**, **e**, **f**, **g** ("... pois são medidas mais... do que..."), **h**, **i**, **m**, **o** (o começo da frase).

MODERNA

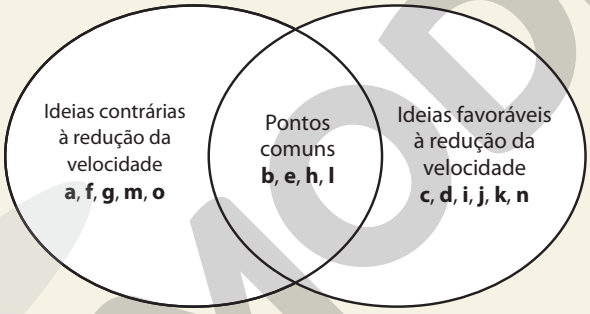
2. a)

Comparar	Contrastar
não apenas... mas também	enquanto
da mesma forma	diverge
confrontados com... aqueles que	ao passo que
não só... mas também	ainda que
tanto em... como em	em vez de
semelhantes àquelas	contudo
por comparação	mais do que
será maior quanto maior for	embora
	se por um lado... por outro lado

b) Os estudantes podem mencionar as seguintes palavras e/ou expressões usadas para comparar: "tanto... quanto", "igualmente/similarmente" e "além disso". Como palavras e/ou expressões usadas para contrastar, eles podem citar: "mas", "são diferentes/diferem de" e "no entanto".

3. **a)** Espera-se que os estudantes mencionem que as ideias favoráveis à redução da velocidade estão presentes nos itens: **c**, **d**, **i**, **j**, **k**, **n**. Já as contrárias estão nos itens: **a**, **f**, **g**, **m**, **o**. As ideias que independem da velocidade estão no itens: **b**, **e**, **h**, **l**.

b) Espera-se que os estudantes organizem a resposta ao item 3a no diagrama de Venn da maneira a seguir.



4. Espera-se que os estudantes utilizem as discussões das questões anteriores para formularem seus textos. Eles podem escolher algumas daquelas ideias para serem comparadas e contrastadas. Espera-se, também, que as desenvolvam ao longo dos parágrafos. Para estruturar o texto, eles podem, por exemplo, apresentar um parágrafo introdutório de até cinco linhas com os pontos escolhidos. Na sequência, podem apresentar parágrafos (por volta de 10 linhas) aprofundando pontos de comparação e contraste anunciados na introdução. Por fim, no parágrafo conclusivo, com cerca de cinco linhas, podem fazer uma síntese retomando o que há de mais interessante na análise que fizeram. O ideal é que os parágrafos sejam compostos de frases curtas. Além de aspectos gramaticais como regência, concordância e ortografia, podem ser avaliados aspectos textuais como seleção lexical e objetividade.

5. Espera-se que, ao analisarem os textos dos colegas, os estudantes tenham a oportunidade de revisar os pontos abordados ao longo da seção. Em seu parecer, eles devem apontar de maneira resumida, mas articulada e respeitosa, a presença e a ausência de cada item. Por exemplo: "O texto tem a estrutura de um texto de comparação e contraste e usa palavras adequadas em vários pontos (como 'tanto quanto' e 'no entanto'). Entretanto, os parágrafos não desenvolvem com profundidade os critérios escolhidos. Faltou apresentar argumentos e, por isso, a conclusão acabou ficando comprometida. Por causa disso, o texto também não ficou claro".

MODERNA

6. Resposta variável. Defina se ela será apresentada em forma de discussão com a turma ou formalizada por escrito. Espera-se, porém, que os estudantes mantenham um olhar crítico diante de suas produções. Havendo tempo disponível, sugere-se que elaborem uma nova versão do próprio texto. Essa tarefa pode gerar um exercício reflexivo de comparação e contraste de suas produções, favorecendo, portanto, o processo de autoavaliação.

Valores e atitudes

1. a) Resposta variável. É importante que os estudantes escutem os relatos dos colegas de forma respeitosa e acolhedora. Espera-se que percebam que podem não ter conhecimento de casos de adulteração porque não necessariamente esses casos foram investigados e divulgados.

   b) Espera-se que os estudantes respondam que a adulteração de produtos lesa os consumidores de várias maneiras, uma vez que é oferecido algo diferente do que foi comprado. Muitas vezes, utilizam-se produtos de baixa qualidade ou que podem causar danos à saúde. A divulgação é importante, pois o consumidor pode evitar consumir os produtos das empresas que já estiveram envolvidas em fraude, aumentando sua própria segurança e valorizando aquelas empresas que trabalham adequadamente. Aproveite para discutir com eles o papel de órgãos de proteção ao consumidor e a importância e a responsabilidade da imprensa na divulgação de informações verificadas de interesse dos consumidores.

   c) Espera-se que os estudantes mencionem, por exemplo, que as adulterações ainda são recorrentes, porque, modificando-se a composição, há um barateamento do produto ou o mascaramento de péssimas condições de fabricação. Com isso, os fabricantes aumentam os lucros. Os estudantes podem mencionar que a divulgação dos casos de fraudes afeta a credibilidade das empresas, o que tem consequência no volume de vendas alcançado pelos produtos. Eventualmente, ao saberem desses casos, os consumidores podem entrar com ações judiciais, o que em última instância diminui o lucro das empresas.

   d) Resposta variável. Espera-se que os estudantes reflitam que nem sempre o mais barato é a melhor escolha e que é preciso pesquisar sobre as marcas dos produtos que se deseja comprar para verificar sua idoneidade. Uma forma de divulgar esses cuidados são as plataformas em que os consumidores ranqueiam empresas e campanhas nas mídias sociais.

2. Espera-se que os estudantes compreendam que, ao produzir provas científicas e apontar os verdadeiros responsáveis por crimes e irregularidades de diversas naturezas, os peritos colaboram para restabelecer os limites desses indivíduos na sociedade e minimizar a violência. Eles também ajudam a estabelecer critérios necessários para a construção da segurança. Além disso, elucidam casos de adulteração de produtos que colocariam em risco a saúde da população.

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

Mundo tecnológico e Ciências aplicadas

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.

Jéssica Brito dos Santos Lima

Bacharela em Química e mestra em Química (área de concentração em Química Inorgânica) pela Universidade Federal de Sergipe (SE). Professora.

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.

Letícia Gomes de Melo

Licenciada em Química pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (MG). Química

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.

Livia Aceto

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestra em Educação pela Universidade Federal de São Carlos (SP). Editora.

Matheus Cabral Torres

Licenciado em Química pela Universidade Federal de Alfenas (MG). Editor.

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.

Edição de texto: Thalita B. C. Encarnação (Coordenação), Andreza C. Souza Silva, Artur Guazzelli Leme Silva, Beatriz Assunção Baeta, 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: Equipe Moderna, Adriana Bairrada, Luciana Azevedo, 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, 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?

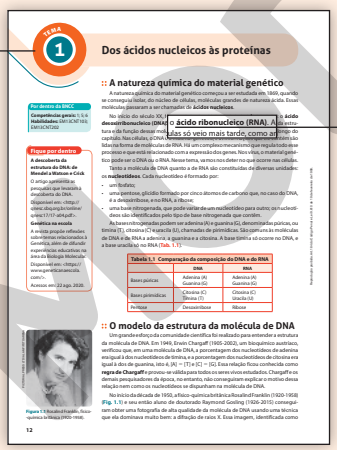
Apresenta os conteúdos de cada componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias trabalhados na Unidade, evidenciando as relações entre eles e a temática da Unidade, bem como os objetivos de aprendizagem pretendidos.

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

A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick

O artigo apresenta as pesquisas que levaram à descoberta do DNA.

Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/17-a04.pdf>.

Acesso em: 20 jul. 2020.

Fique por dentro

Sugestões comentadas de recursos complementares que vão ajudar você a ampliar seus conhecimentos e se aprofundar nos conteúdos abordados no Tema.

DIVULGAÇÃO

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

Mundo tecnológico ... 10

Tema 1 Dos ácidos nucleicos às proteínas ... 12

A natureza química do material genético ... 12
O modelo da estrutura da molécula de DNA ... 12
A molécula de DNA em detalhe ... 13
Replicação do DNA ... 14
Transcrição do DNA ... 15
Código genético ... 17
Síntese de proteínas: tradução ... 17
Mutações ... 19
Atividades ... 20

Tema 2 Biotecnologia ... 23

Tecnologia do DNA recombinante ... 25
Clonagem de DNA ... 25
DNA recombinante e produção de medicamentos ... 26
Técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR) ... 26
CRISPR: uma nova ferramenta para editar DNA ... 27
Terapia e vacina gênica ... 28
Clonagem de plantas e de animais ... 28
Organismos transgênicos ... 30
Proteoma ... 31
Biologia Sintética ... 31
Atividades ... 32

Tema 3 Circuitos elétricos ... 34

Elementos de um circuito elétrico ... 34
Associação de resistores ... 35
Associação de resistores em série ... 35
Resistência equivalente de uma associação de resistores em série ... 35
Associação de resistores em paralelo ... 36
Corrente total na associação de resistores em paralelo ... 37
Resistência equivalente na associação de resistores em paralelo ... 37
Casos particulares de associação de resistores em paralelo ... 37
Associação mista de resistores ... 38
Instrumentos de medida em eletricidade ... 39
Geradores ... 39
Potência elétrica ... 40
Potência entregue pelo gerador ... 40
Chaves ... 41
Receptores ... 41
Força contraeletromotriz do receptor ... 41
Circuito gerador-resistor-receptor ... 42
Atividades ... 43

Tema 4 Eletromagnetismo e suas aplicações tecnológicas ... 45

Campo magnético ... 45
Experimento de Oersted ... 46
Ímãs ... 46
A Terra e o geomagnetismo ... 46
Linhas de indução e o vetor campo magnético ... 47
Campo magnético criado por uma corrente em um condutor retilíneo ... 48
Notação dos sentidos dos vetores ... 49
Campo magnético criado por bobinas ... 49
Espira ... 49
Solenoide ... 50
Força magnética sobre partículas carregadas em movimento ... 50
Força magnética em um condutor retilíneo percorrido por corrente elétrica ... 52
Prática investigativa – Construindo um motor elétrico ... 54
Indução eletromagnética ... 56
Atividades ... 58

Tema 5 Corrosão ... 60

Estudo da formação da ferrugem ... 61
Como avaliar a tendência de a corrosão ocorrer? ... 62
Os potenciais-padrão de redução ... 62
Potenciais de redução fora das condições-padrão ... 64
Proteção contra corrosão ... 64
Proteção anódica ... 65
Galvanoplastia e proteção catódica ... 66
Atividades ... 67

Tema 6 O mundo em escala nanométrica ... 70

A ordem de grandeza nano ... 70
Breve histórico dos nanomateriais ... 71
Estrutura e características dos nanomateriais ... 72
Processos para obtenção de nanomateriais ... 73
Aplicações dos nanomateriais ... 74
Nanopartículas magnéticas e hidrofóbicas ... 75
Nanocatalisadores ... 75
Nanopartículas antimicrobianas ... 76
Nanomateriais na Medicina ... 76
Vantagens e atuais desafios da nanotecnologia ... 77
Atividades ... 77
Reflexões sobre a ciência ... 80
Pensamento crítico e argumentação ... 81
Comunicação ... 83
Revise e amplie! ... 83

MODERNA

UNIDADE 2

Análise forense 84

Tema 1 **Adulteração de combustíveis, alimentos e bebidas** 86

Análise de misturas 86
Propriedades das misturas 87
Diluição e medidas de concentração 89
Diluição de soluções 89
Concentração em partes por milhão e partes por bilhão 90
Concentração em graus GL e INPM 90
Molalidade 91
Efeitos crioscópico e ebulioscópico 91
Determinando a concentração de uma amostra por titulação 92
Atividades 94

Tema 2 **Técnicas de separação de misturas e análise química** 97

Reações de precipitação e produto de solubilidade (K_s) 98
Solubilidade de compostos iônicos 98
Obtenção de substâncias insolúveis por precipitação e filtração 98
Produto de solubilidade 99
Interações intermoleculares e separação de misturas 100
Técnicas cromatográficas 102
Atividades 104

Tema 3 **Hereditariedade e Biologia Forense** 106

Um pouco de história 106
O método de Mendel 106
Cromossomos homólogos, locos gênicos e alelos 108
Relação entre a meiose e a primeira lei de Mendel 109
Fenótipo e genótipo 110
Noções de probabilidade 110
Probabilidade de ocorrer um OU outro evento .. 111
Probabilidade de ocorrer um E outro evento 111
Probabilidade condicional 111
Probabilidade e primeira lei de Mendel 112
Genealogias ou heredogramas 112
A segunda lei de Mendel 113
Probabilidade e a segunda lei de Mendel 113
Meiose e a segunda lei de Mendel 114
Quando a segunda lei não é válida 114
Os grupos sanguíneos 114
Sistema Rh 115
Sistema ABO 115
Grupos sanguíneos e a Biologia Forense 118
Identificação de pessoas pelo DNA 118
Atividades 120

Tema 4 **Quantidade de movimento e impulso** 123

Quantidade de movimento 123
Impulso de uma força 124
Conservação da quantidade de movimento 125
Colisões elásticas e inelásticas 125
Prática investigativa – Protegendo o passageiro 126
Atividades 129

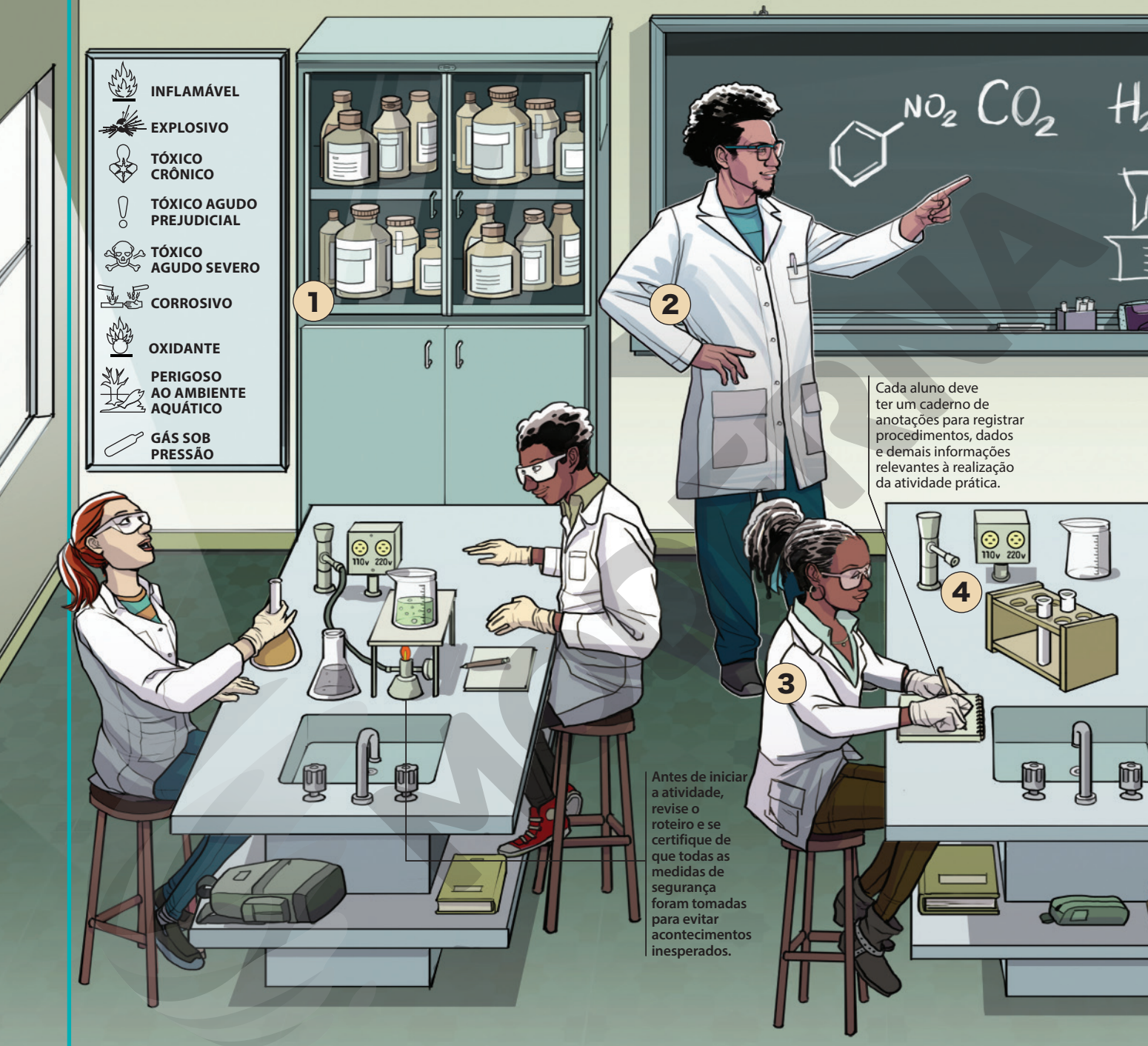
Tema 5 **Óptica geométrica e instrumentos ópticos** 130

Propagação da luz 130
Princípios da Óptica geométrica 131
Reflexão em espelhos planos 131
Formação de imagens em espelhos planos 132
Espelhos esféricos 133
Elementos de um espelho esférico 134
Foco de espelhos esféricos 134
Raios notáveis 135
Construção de imagens em um espelho esférico ... 135
Equação de Gauss e ampliação 137
Refração 137
Índice de refração 138
Reflexão total 139
Lentes esféricas 140
Elementos da lente esférica e da lente delgada .. 141
Raios notáveis 141
Formação de imagens 141
Estudo analítico das lentes 143
Instrumentos ópticos 143
Microscópio composto 143
Microscópio eletrônico 144
Câmera fotográfica 144
Atividades 145
Reflexões sobre a ciência 146
Pensamento crítico e argumentação 148
Valores e atitudes 150
Revise e amplie! 150
Tabela periódica 151
Tabela para consulta 152
Respostas 153
Por dentro da BNCC 154
Bibliografia 158

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.

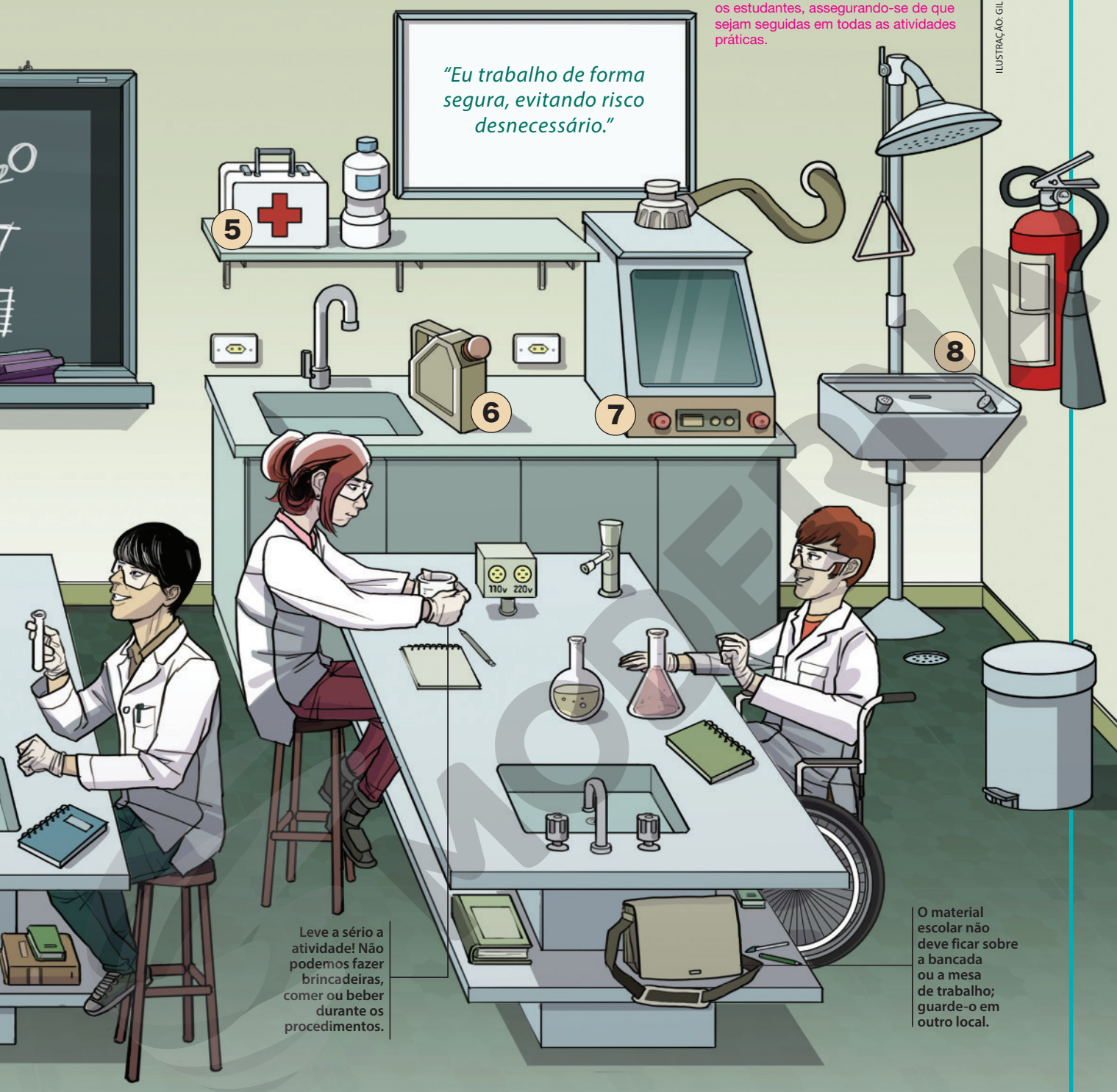
2 O que fazer?
Devemos prestar muita atenção às explicações do professor antes de iniciar uma atividade prática. Se mesmo assim houver dúvidas ou acontecer algum imprevisto, comunique-o imediatamente.

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.

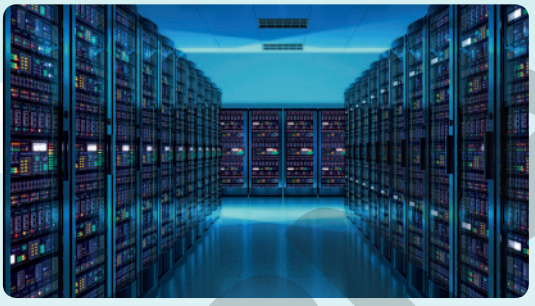
7 Capela de exaustão
Esse equipamento de proteção coletiva é usado para manipular as substâncias tóxicas e as reações químicas que podem liberar gases ou vapores tóxicos. O sistema de exaustão impede a passagem desses vapores para o interior do laboratório.

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.

MODERNA

UNIDADE 1

Mundo tecnológico



OLEKSIY MARK/SHUTTERSTOCK

A tecnologia está tão presente no cotidiano que é impossível imaginar a vida sem ela. Atualmente, grande parte do controle de dados e informações é feita de forma digital. O que antes ocupava grandes áreas de arquivos hoje é armazenado de forma mais compacta em *data centers* – centros de processamento de dados, como ilustrado acima –, permitindo que os dados ocupem menos espaço físico. Na década de 1970, período em que o computador pessoal (ou PC, do termo em inglês *personal computer*) foi lançado, o armazenamento e a transferência de arquivos eram realizados por meio de disquetes, discos magnéticos com uma capacidade de armazenamento de aproximadamente 1,4 *megabytes* (MB). Em razão da demanda por espaço para armazenamento, logo surgiu o disco compacto (ou CD, do inglês *compact disc*), que tinha capacidade de 700 MB. Tanto os disquetes quantos os CDs caíram em desuso com a chegada dos *pen drives* e dos discos rígidos (HD, derivação de HDD, do inglês *hard disk drive*) externos, que, atualmente, têm capacidade de armazenamento de dados de até 4 *terabytes* (TB), o equivalente a 4.000.000 MB. Hoje, além das formas físicas de armazenamento, podemos contar com a computação em nuvem (*cloud computing*), que é um serviço da computação em que os usuários podem gerenciar, armazenar, criar, editar ou sincronizar dados, de qualquer computador, celular ou *tablet*, independentemente de sua localização, desde que estejam conectados à internet. O termo *cloud computing* foi apresentado ao mundo, em 1997, pelo professor doutor Ramnath Chellappa (1971-), como uma estrutura de servidores conectados à internet que permite armazenar dados e oferecer a computação remota aos clientes. Esse tipo de armazenamento revolucionou o oferecimento de serviços. Graças ao armazenamento e trânsito de dados em nuvem, em 2020, em decorrência da pandemia da Covid-19, grande parte das empresas, escolas e universidades conseguiu manter suas atividades remotamente durante o isolamento social, imposto pelas autoridades governamentais e de saúde para reduzir o contágio.

LUIZ IRIA

- Analise as imagens e leia o texto. Qual é a sua interpretação da metáfora presente na ilustração? Qual é a importância dessa tecnologia nos dias atuais? Reflita como ela está presente no seu cotidiano.

Fonte consultada: CRUZ, F. B. Como funciona o armazenamento em nuvem? *Superinteressante*, 4 jul. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-armazenamento-em-nuvem/>. Acesso em: 19 ago. 2020.

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

O que seria do mundo sem a tecnologia? É difícil imaginar, pois vivemos imersos nela. Graças ao desenvolvimento científico e tecnológico, ela está sempre se inovando e evoluindo de maneira muito rápida. Para entendermos como isso ocorre, ao longo desta Unidade, serão apresentados alguns conceitos das Ciências da Natureza que movem o **Mundo tecnológico**. No Tema 1, são abordados conceitos sobre a natureza do material genético, dos ácidos nucleicos às proteínas. Esses conceitos básicos são fundamentais para a compreensão e aplicação de tecnologias baseadas em sistemas biológicos, em qualquer nível, que visam fabricar ou modificar produtos ou processos para uma função específica, como veremos no Tema 2. Ao longo do Tema 3, são apresentados resistores, geradores e receptores que formam um circuito elétrico e a maneira como eles funcionam em equipamentos elétricos e eletrônicos. O Tema 4 aborda a relação entre eletricidade e magnetismo nesses equipamentos. Alinhado a isso, durante o desenvolvimento do Tema 5, é apresentado o processo de corrosão nos materiais que constituem esses dispositivos tecnológicos, e abordam-se as maneiras de minimizar os prejuízos econômicos associados a esse processo. O Tema 6 explora aspectos relacionados à obtenção de materiais em escala nanométrica, além de apresentar e discutir alguns benefícios e limitações em sua aplicação.

Finalizando esta Unidade, há seções que integram aspectos do conhecimento científico-tecnológico aplicado a situações cotidianas, como um sistema de automação residencial que utiliza o conceito da Internet das Coisas (ou IoT, do termo em inglês *Internet of Things*). Além disso, elas trazem desafios contemporâneos que exigem respostas, apresentando situações controversas sobre a aplicação dos conhecimentos científicos, bem como o perigo do uso indevido da Ciência, permitindo o posicionamento crítico e o desenvolvimento da lógica argumentativa durante análises e debates desse e de outros contextos.

Assim, os objetivos gerais desta Unidade são:

- Compreender a natureza química do material genético, bem como reconhecer a estrutura das moléculas de DNA e RNA. Além disso, entender como ocorrem as mutações no material genético.
- Entender os conceitos de biotecnologia, bem como assuntos relacionados à clonagem de DNA, terapia e vacina gênica, clonagem de plantas e animais, organismos geneticamente modificados e biologia sintética.
- Compreender os elementos que formam um circuito elétrico, bem como a inter-relação entre eletricidade e magnetismo no funcionamento de dispositivos tecnológicos, como equipamentos elétricos e eletrônicos, além de entender o processo de corrosão com o objetivo de minimizá-lo, diminuindo as perdas econômicas.
- Compreender a escala nanométrica, bem como entender a estrutura e as características dos nanomateriais, além de conhecer suas aplicações, vantagens e desafios.

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; EM13CNT106; EM13CNT107; EM13CNT202; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT304; EM13CNT305; EM13CNT306; EM13CNT307; EM13CNT308

Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Competências específicas: 1; 2; 5; 6

Habilidades: EM13CHS102; EM13CHS202; EM13CHS502; EM13CHS601

Área de Matemática e suas Tecnologias

Competência específica: 1; 4

Habilidade: EM13MAT103; EM13MAT405

Área de Linguagens e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 2; 7

Habilidades: EM13LGG101; EM13LGG204; EM13LGG701; EM13LP05; EM13LP15

Pense nisso!

Registre em seu caderno

Tema 1. Como ocorre a transmissão das características hereditárias? Qual é a relação existente entre os parentais e os descendentes?

Tema 2. Com base em seus conhecimentos, como a Biologia atua no desenvolvimento científico e tecnológico?

Tema 3. Quais equipamentos do seu cotidiano consomem mais energia elétrica? Como esse consumo está relacionado ao tempo de uso e à potência do aparelho?

Tema 4. A Terra pode ser considerada um grande ímã, apresentando um campo magnético que funciona como um "escudo", desviando as cargas elétricas provenientes do Sol. Qual é a relação desse campo magnético com as tecnologias presentes no seu cotidiano?

Tema 5. Uma esponja de aço, quando mantida em local úmido por alguns dias, passa por modificações: adquire um tom avermelhado e se torna quebradiça. Por que isso acontece? O que você sugere para prolongar a vida útil desse material?

Tema 6. O desenvolvimento de materiais com a finalidade de substituir ou reparar partes do corpo tem papel fundamental na medicina. Que características você acredita serem necessárias para que um material seja considerado adequado para aplicações médicas?

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

MODELO

TEMA 1

Dos ácidos nucleicos às proteínas

Embora o material genético contenha as informações hereditárias, a expressão gênica também depende do ambiente.

A natureza química do material genético

A natureza química do material genético começou a ser estudada em 1869, quando se conseguiu isolar, do núcleo de células, moléculas grandes de natureza ácida. Essas moléculas passaram a ser chamadas de **ácidos nucleicos**.

No início do século XX, foram identificados dois tipos de ácido nucleico: o **ácido desoxirribonucleico (DNA)** e o **ácido ribonucleico (RNA)**. A compreensão da estrutura e da função dessas moléculas só veio mais tarde, como analisaremos ao longo do capítulo. Nas células, o DNA é o material genético, e as informações que ele contém são lidas na forma de moléculas de RNA. Há um complexo mecanismo que regula todo esse processo e que está relacionado com a expressão dos genes. Nos vírus, o material genético pode ser o DNA ou o RNA. Nesse tema, vamos nos deter no que ocorre nas células.

Tanto a molécula de DNA quanto a de RNA são constituídas de diversas unidades: os **nucleotídeos**. Cada nucleotídeo é formado por:

- um fosfato;
- uma pentose, glicídio formado por cinco átomos de carbono que, no caso do DNA, é a desoxirribose, e no RNA, a ribose;
- uma base nitrogenada, que pode variar de um nucleotídeo para outro; os nucleotídeos são identificados pelo tipo de base nitrogenada que contêm.

As bases nitrogenadas podem ser adenina (A) e guanina (G), denominadas púricas, ou timina (T), citosina (C) e uracila (U), chamadas de pirimídicas. São comuns às moléculas de DNA e de RNA a adenina, a guanina e a citosina. A base timina só ocorre no DNA, e a base uracila só no RNA (**Tab. 1.1**).

Tabela 1.1 Comparação da composição do DNA e do RNA

	DNA	RNA
Bases púricas	Adenina (A) Guanina (G)	Adenina (A) Guanina (G)
Bases pirimídicas	Citosina (C) Timina (T)	Citosina (C) Uracila (U)
Pentose	Desoxirribose	Ribose

O modelo da estrutura da molécula de DNA

Um grande esforço da comunidade científica foi realizado para entender a estrutura da molécula de DNA. Em 1949, Erwin Chargaff (1905-2002), um bioquímico austríaco, verificou que, em uma molécula de DNA, a porcentagem dos nucleotídeos de adenina era igual à dos nucleotídeos de timina, e a porcentagem dos nucleotídeos de citosina era igual à dos de guanina, isto é, [A] = [T] e [C] = [G]. Essa relação ficou conhecida como **regra de Chargaff** e provou-se válida para todos os seres vivos estudados. Chargaff e os demais pesquisadores da época, no entanto, não conseguiram explicar o motivo dessa relação nem como os nucleotídeos se dispunham na molécula de DNA.

No início da década de 1950, a físico-química britânica Rosalind Franklin (1920-1958) (**Fig. 1.1**) e seu então aluno de doutorado Raymond Gosling (1926-2015) conseguiram obter uma fotografia de alta qualidade da molécula de DNA usando uma técnica que ela dominava muito bem: a difração de raios X. Essa imagem, identificada como

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT103; EM13CNT202

Fique por dentro

A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick

O artigo apresenta as pesquisas que levaram à descoberta do DNA.

Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/17-a04.pdf>.

Genética na escola

A revista propõe reflexões sobre temas relacionados à Genética, além de difundir experiências educativas na área da Biologia Molecular.

Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/>.

Acessos em: 22 ago. 2020.

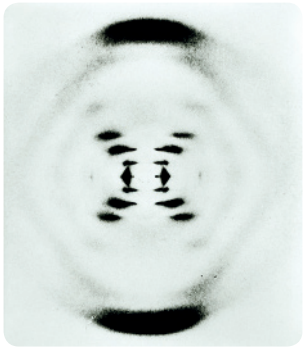
PICTORIAL PRESS LTD /ALAMY/FOTOARENA

Figura 1.1 Rosalind Franklin, físico-química britânica (1920-1958).

MODERNA

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

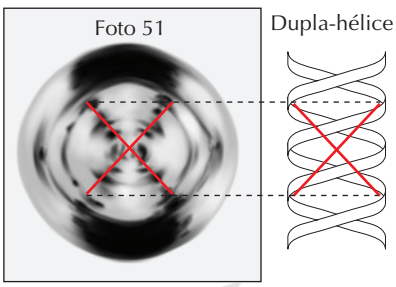
Fotografia 51, mostra o padrão de difração de raios X da molécula de DNA (**Fig. 1.2**).



SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.2 Fotografia 51. Imagem da molécula de DNA obtida por Rosalind Franklin e seu aluno Raymond Gosling, em 1953, utilizando a técnica da difração de raios X.

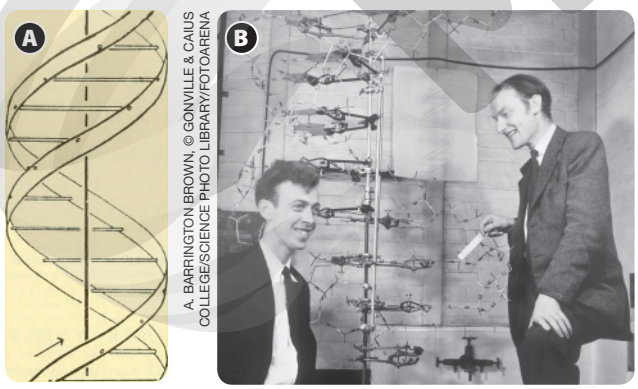
O biólogo estadunidense James Watson (1928-) e o físico britânico Francis Crick (1916-2004) estavam construindo vários modelos tridimensionais da molécula de DNA usando materiais diversos, como arames e cartões, mas nenhum desses modelos conseguia explicar a estrutura da molécula. No início de 1953, o biólogo Maurice Wilkins (1916-2004), chefe do laboratório onde Franklin trabalhava, mostrou a Watson a cópia da Fotografia 51, sem que Franklin soubesse. Essa foto permitiu que Watson e Crick concluíssem que a molécula de DNA era uma dupla-hélice (**Fig. 1.3**).



NELSON MATSUDA

Figura 1.3 Fotografia 51 e sua interpretação: a imagem central em forma de x indica que o DNA tem estrutura helicoidal.

Eles publicaram no mês de abril de 1953, na revista científica *Nature*, um artigo científico em que propunham um modelo para a estrutura da molécula de DNA em dupla-hélice (**Fig. 1.4**).



THE BOOK WORM/ALAMY/FOTOARENA

A. BARRINGTON BROWN, © GONVILLE & CAIUS COLLEGE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.4 (A) Reprodução da molécula de DNA apresentada no trabalho original de Watson e Crick, publicado em 1953 na revista *Nature*. No esquema, as duas fitas correspondem às duas cadeias de fosfato-desoxirribose, e as linhas horizontais, aos pares de bases que mantêm as cadeias unidas por ligações de hidrogênio. A linha vertical representa o eixo de enrolamento da molécula. **(B)** James Watson (à esquerda) e Francis Crick (à direita) com o modelo da molécula de DNA ao fundo, em 1953.

De acordo com o modelo proposto, a molécula de DNA é formada por duas longas cadeias de nucleotídeos enroladas em espiral em torno de um eixo vertical. As cadeias são unidas entre si por ligações de hidrogênio que se estabelecem entre uma base púrica de uma cadeia com uma base pirimídica da outra, pois essas bases são complementares. Isso explica a regra de Chargaff, pois a adenina de uma cadeia se liga à timina da outra, e a citosina de uma cadeia se liga à guanina da outra.

Watson, Crick e Wilkins receberam, em 1962, o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina por seu modelo de estrutura da molécula de DNA. Franklin nunca recebeu o merecido reconhecimento. Faleceu aos 37 anos em decorrência de um câncer de ovário causado pela constante exposição aos raios X, em função do trabalho que realizava. Na época, não se sabia que a radiação poderia causar câncer.

A molécula de DNA em detalhe

A molécula de DNA é composta de duas cadeias longas, formadas por nucleotídeos. A maneira como os nucleotídeos de cada uma das cadeias do DNA se unem estabelece uma orientação na molécula, de modo que uma extremidade é denominada 3′ e a outra 5′. Esses números se referem aos átomos de carbono da desoxirribose, que são denominados 1′, 2′, 3′, 4′ e 5′. Ao átomo de carbono 1′ está ligada a base nitrogenada e ao 5′, o fosfato. A união entre nucleotídeos da cadeia ocorre entre o fosfato ligado ao átomo de carbono 5′ de um nucleotídeo com o átomo de carbono 3′ do outro nucleotídeo, por isso se formam as extremidades 3′ e 5′. (**Fig.1.5**).

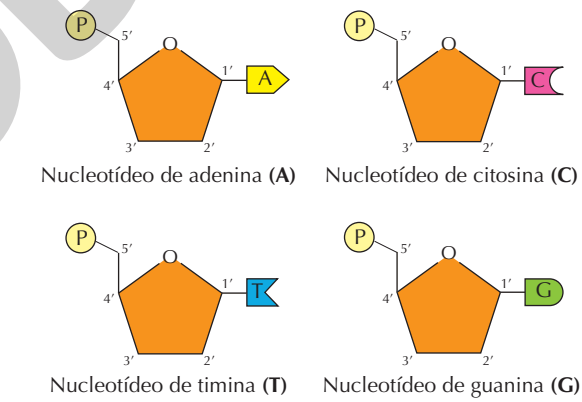


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

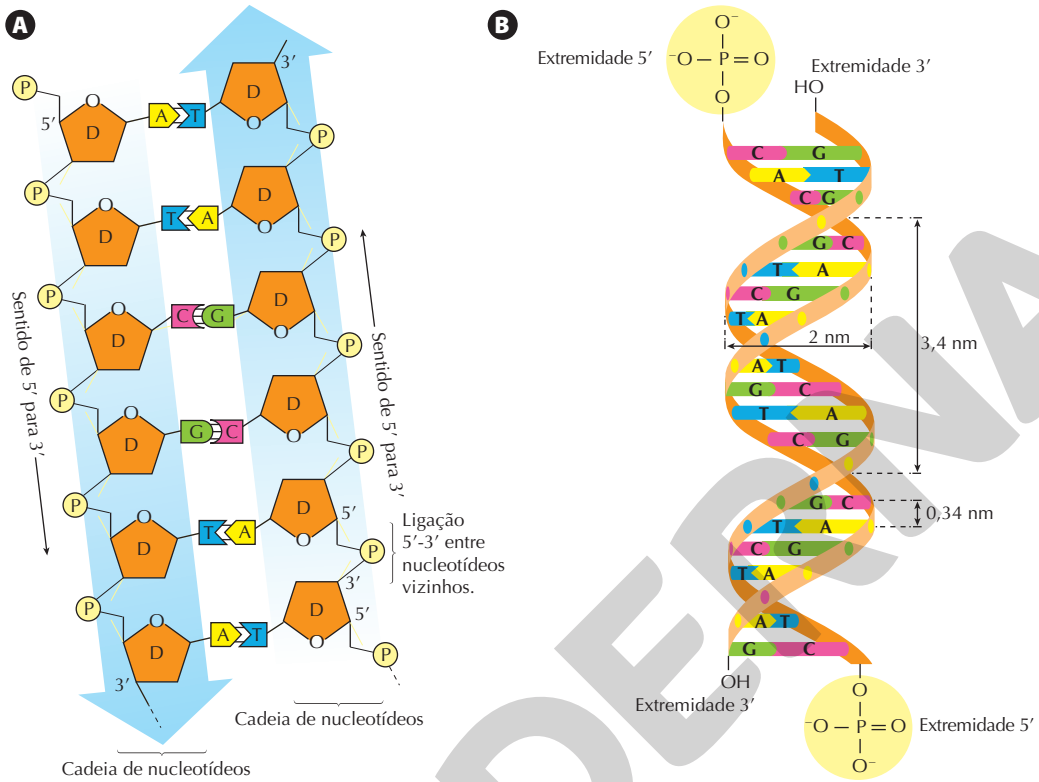
Fonte: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. *Biology*. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

Figura 1.5 Representação esquemática dos quatro tipos de nucleotídeos do DNA. Os átomos de carbono da desoxirribose estão indicados pelos números 1′ a 5′. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

As duas cadeias emparelham-se de modo invertido, ou seja, enquanto em uma delas o sentido das extremidades é 3′→ 5′, na outra o sentido é inverso, 5′→ 3′. Por isso, dizemos que as cadeias são antiparalelas. Nesse emparelhamento, a base adenina de uma cadeia se liga à timina da outra, por meio de duas ligações de hidrogênio, e a base citosina de uma cadeia com a guanina da outra, por meio de três ligações de hidrogênio (**Fig. 1.6**).

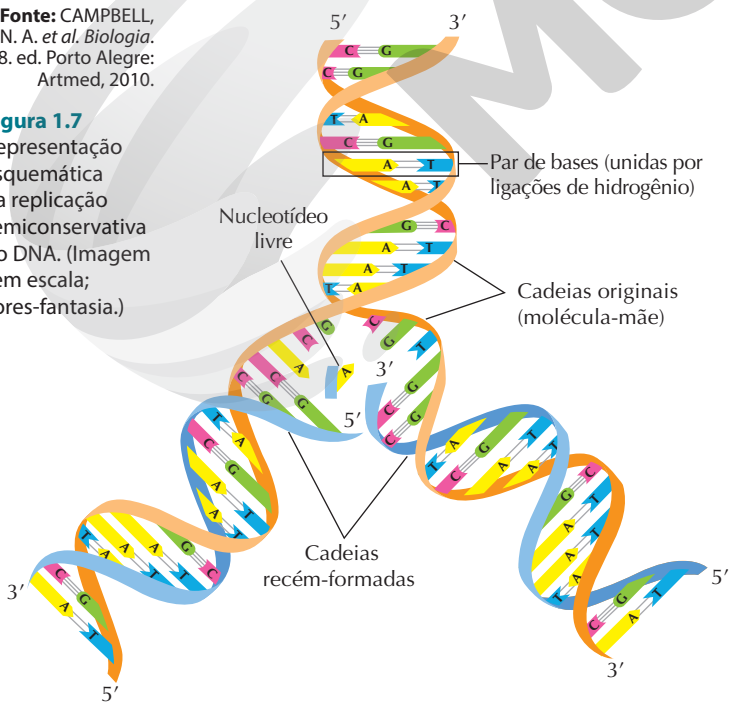


Fontes: SOLOMON, E. P.; BERG, L. R; MARTIN, D. W. *Biology*. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

PIERCE, B. A. *Genética:* um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura1.6
(A) Representação esquemática das duas cadeias de nucleotídeos de um trecho de DNA planificado para fins didáticos. **(B)** Representação esquemática da dupla-hélice do DNA. Nas duas representações, note as duas cadeias complementares e com orientação invertida uma em relação à outra. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Uma molécula de DNA difere da outra pelo número e pela sequência de seus nucleotídeos. Em todos os casos, a quantidade de nucleotídeos de adenina é sempre igual à de timina. O mesmo acontece com a quantidade de nucleotídeos de citosina, que é igual à de guanina. Isso significa que, se em um trecho de uma molécula de DNA uma das cadeias apresentar a sequência de bases TCAGTC, a cadeia complementar apresentará a sequência AGTCAG.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 1.7
Representação esquemática da replicação semiconservativa do DNA. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Replicação do DNA

A replicação do DNA consiste na produção, a partir de uma molécula original (molécula-mãe), de duas novas moléculas idênticas de DNA (moléculas-filhas). Essa forma de duplicação tem grande importância na multiplicação celular, pois garante que as células resultantes de um processo de divisão celular recebam a mesma quantidade de moléculas de DNA da célula original.

A replicação do DNA inicia-se com a separação das duas cadeias da molécula por meio da ação de enzimas. À medida que ocorre a separação, enzimas chamadas **DNA polimerases** (ou polimerases do DNA) catalisam a síntese da nova cadeia, tomando cada cadeia da molécula-mãe como molde. Nucleotídeos livres presentes na célula vão sendo unidos na sequência determinada pelos nucleotídeos expostos das cadeias-molde, seguindo as regras de emparelhamento entre as

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

MODERNA

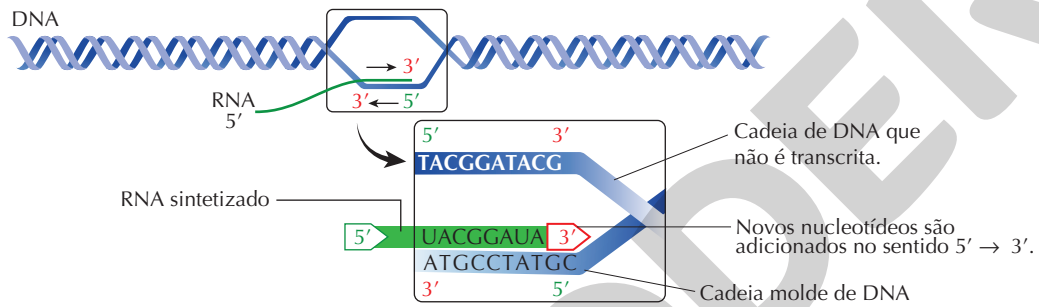
bases nitrogenadas. Assim, cada molécula-filha é formada por uma cadeia original, proveniente da molécula-mãe, e por uma cadeia nova recém-sintetizada. Por isso se diz que a replicação do DNA é **semiconservativa** (**Fig. 1.7**).

Esse modelo de replicação do DNA foi proposto em 1953 por Watson e Crick, mas as evidências experimentais foram obtidas apenas em 1957, pelos pesquisadores estadunidenses Matthew Meselson (1930-) e Franklin Stahl (1929-).

Transcrição do DNA

Na transcrição do DNA em RNA, um trecho da molécula de DNA abre-se por ação da enzima **RNA polimerase** (ou polimerase do RNA), e uma das cadeias serve de molde para a formação do RNA, que se dá pela incorporação de ribonucleotídeos livres na célula, complementares aos nucleotídeos da cadeia-molde de DNA. Os ribonucleotídeos de RNA são unidos por ação da mesma enzima. A transcrição do RNA ocorre sempre no sentido 5′ → 3′ e tem orientação inversa à da cadeia de DNA que está sendo usada como molde (**Fig. 1.8**).

A molécula de RNA é formada apenas por uma cadeia nucleotídica, que pode se dobrar em alguns pontos em que haja emparelhamento entre as bases complementares. Contém as bases nitrogenadas adenina (A), uracila (U), citosina (C) e guanina (G). A presença de uma guanina no DNA determina a incorporação de uma citosina no RNA; uma citosina determina a incorporação de uma guanina; uma adenina determina a incorporação de uma uracila; e uma timina determina a incorporação de uma adenina. Ao final da transcrição, o RNA se solta e as duas cadeias da molécula de DNA voltam a se unir.

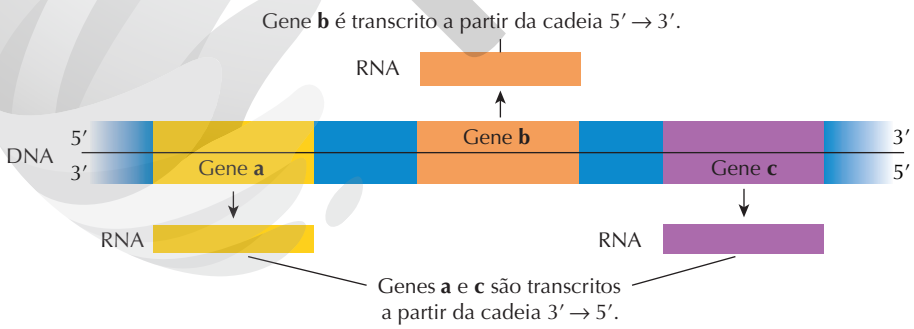


Fonte: PIERCE, B. A. *Genética:* um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 1.8 Representação esquemática da síntese de RNA: transcrição. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A molécula de DNA contém sequências de bases nitrogenadas que formam unidades funcionais, os **genes**. No início da transcrição, a enzima RNA polimerase liga-se ao DNA em uma região chamada promotora do gene. A partir daí, a transcrição segue até atingir a sequência de término, quando o RNA pronto é liberado.

Na maioria dos organismos, cada gene é transcrito de uma única cadeia molde de DNA, mas isso não significa que só uma das cadeias do DNA seja transcrita, e a outra não. Alguns genes têm como molde uma cadeia do DNA, enquanto outros têm como molde a outra cadeia (**Fig. 1.9**).



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 1.9 Representação esquemática da transcrição de três genes. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Pesquisas científicas na área da Biologia Molecular concluem que o conceito de gene como um trecho do DNA que codifica um produto é demasiado simplista e insuficiente para descrever suas inúmeras funcionalidades. Assim como os conceitos de espécie e vida, sua definição tem sido objeto de inúmeros debates na comunidade científica e deve ser definido pelo contexto experimental em que é usado. Para mais informações, consulte o trabalho de Charbel (2010), disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100005>. Acesso em: 24 ago. 2020.

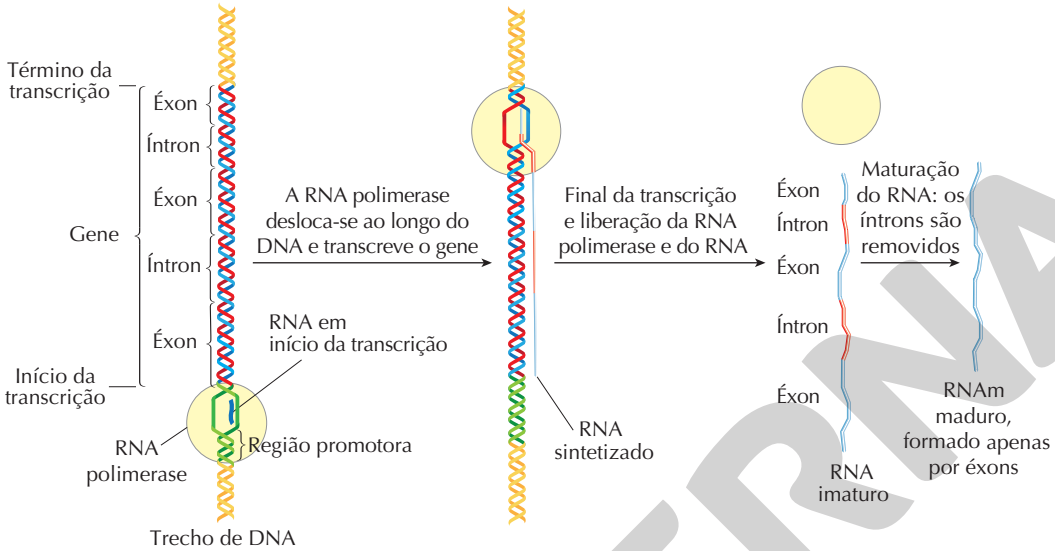
Há genes que são transcritos em um tipo de RNA, o RNA mensageiro (RNAm), que contém informação para a síntese de proteínas; nesses casos, o produto molecular final do gene são essas moléculas proteicas. Outros genes, no entanto, são transcritos em outros tipos funcionais de RNA que não codificam proteínas; nesses casos, os produtos moleculares funcionais são RNA, e não proteínas.

Analisando o que ocorre na transcrição do RNAm, há entre a região promotora e a sequência de término regiões codificantes, ou seja, que contêm códigos para aminoácidos, chamadas **éxons**

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

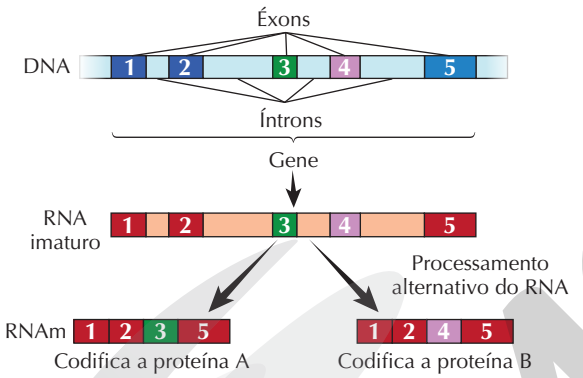
ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

(expressão derivada do inglês ***ex**pressed regi**ons***), e regiões que não são codificantes, chamadas **íntrons** (expressão derivada do inglês ***intr**agenic regi**ons***). Após a transcrição, ocorre a maturação do RNAm com a remoção dos íntrons, sendo o RNAm maduro formado apenas pelas sequências dos éxons (**Fig. 1.10**). Nas células eucarióticas, a transcrição e a maturação do RNA ocorrem dentro do núcleo; o RNA maduro passa para o citoplasma. Até pouco tempo atrás, achava-se que os íntrons não ocorriam nos procariontes, mas hoje se sabe que eles existem, embora sejam raros. Nos eucariontes, são comuns. O RNAm assim formado contém a instrução para a síntese de uma proteína.



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 1.10 Representação esquemática da transcrição de um gene. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Fonte: ALBERTS, J. *et al. Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

No processo de maturação do RNA, alguns éxons podem ser removidos em alguns tipos celulares, mas não em outros. Com isso, formam-se moléculas maduras de RNA que são diferentes, apesar de serem produto de um só gene. Esse mecanismo é chamado de **processamento alternativo do RNA** ou *splicing* ("quebra", em inglês) alternativo (**Fig. 1.11**). Isso explica, em parte, por que na espécie humana, apesar de haver apenas cerca de 20 mil genes no genoma, a diversidade de proteínas é muito maior.

Figura 1.11 Representação esquemática da transcrição de um gene, com processamento alternativo do RNA. Os éxons estão indicados por cores associadas a números. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

DNA não codificante

Hoje sabemos que a maior parte do DNA é formada por extensas regiões que não são codificantes. Todas as regiões não codificantes receberam o nome de DNA lixo, pois não se sabia a função delas. Essas sequências não ocorrem ou são raras nos procariontes. Já nos eucariontes, chegam a representar entre 98% e 99% de todo o DNA. Embora ainda não se conheça exatamente tudo o que essas regiões fazem, já temos muitas informações a respeito delas. Algumas dessas regiões:

- são transcritas em vários tipos de RNAs não codificantes;
- formam os centrômeros, estruturas fundamentais para a correta distribuição dos cromossomos durante a divisão celular;
- participam da regulação da expressão dos genes, em um processo bastante complexo. Isso explica, por exemplo, por que cada uma das nossas células tem só alguns genes ativos, apesar de o repertório de genes ser idêntico em todas elas;
- podem compor os chamados elementos de transposição ou **transposons**, fragmentos que, a qualquer momento, duplicam-se ou destacam-se de onde estão e se instalam em outras partes do DNA. Com isso, às vezes carregam genes importantes ou inserem-se no meio de genes, causando mutações ou modificações na manifestação gênica.

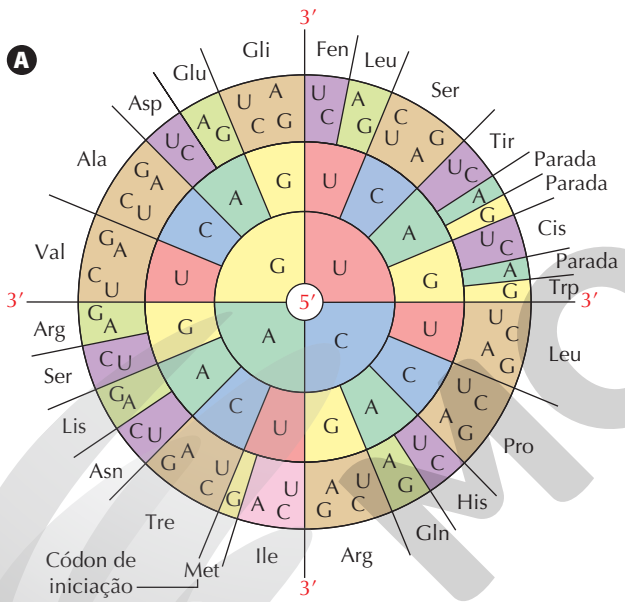
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Reforce a diferença entre os conceitos de código genético e genoma para que a frase "Todos os seres vivos têm o mesmo código genético" não seja mal compreendida. Esclareça que a linguagem em código está presente em todos os seres vivos, mas que cada um apresenta determinada sequência específica de códons.

Código genético

Cada polipeptídeo é formado por uma sequência específica de aminoácidos determinada pelo RNAm maduro. Sabe-se que existem vinte diferentes aminoácidos e que cada RNAm maduro é formado por uma sequência de bases nitrogenadas. Por meio de vários estudos, chegou-se à conclusão de que as bases nitrogenadas formam uma linguagem em código, o chamado **código genético**, em que cada aminoácido é codificado por **trincas** de bases nitrogenadas. Cada trinca forma um **códon** (**Fig. 1.12**). A combinação das quatro bases nitrogenadas em grupos de três dá um total de 64 códons. Esse número é maior do que o número total de aminoácidos. Por meio de experimentos, verificou-se que um mesmo aminoácido pode ser codificado por mais de uma trinca, havendo, assim, trincas sinônimas. Pelo fato de um aminoácido poder ser codificado por mais de uma trinca, o código genético é dito **degenerado**. Além disso, existem três trincas que não codificam aminoácidos, mas indicam o fim do processo de transcrição e, por consequência, do polipeptídeo, são os **códons de parada**. Já o códon AUG, que codifica o aminoácido metionina, é o **códon de iniciação**.



B

Ala - Alanina	Glu - Glutamato	Pro - Prolina
Arg - Arginina	Gln - Glutamina	Ser - Serina
Asn - Asparagina	His - Histidina	Tir - Tirosina
Asp - Aspartato	Ile - Isoleucina	Tre - Treonina
Cis - Cisteína	Leu - Leucina	Trp - Triptofano
Fen - Fenilalanina	Lis - Lisina	Val - Valina
Gli - Glicina	Met - Metionina	

Fonte: GENOME: Unlocking Life's Code. *Marshall Nirenberg cracks the genetic code for protein synthesis.* Disponível em: <https://unlockinglifescode.org/timeline/10>. Acesso em: 22 ago. 2020.

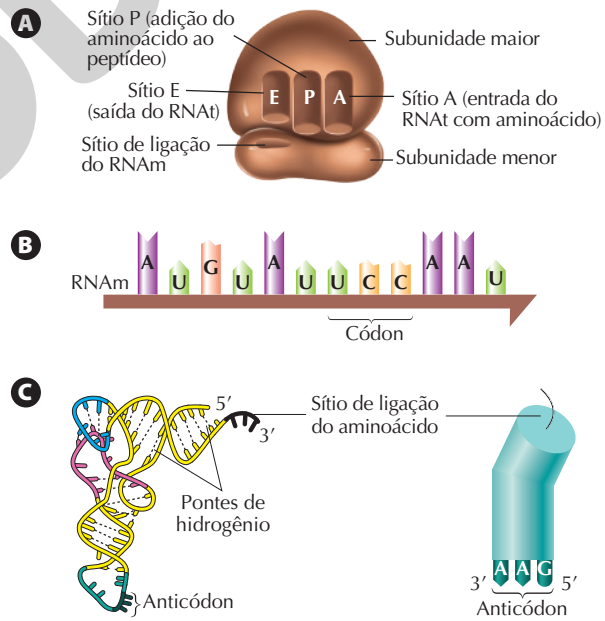
Figura 1.12 **(A)** Código genético. No centro é indicada a extremidade 5′ do DNA e nos raios que partem dele, a extremidade 3′, de modo que se tem, assim, o sentido da leitura das letras: de 5′ para 3′. Por exemplo: partindo da letra U no centro, podemos ter UUU ou UUC, fenilalanina, e UUG ou UUA, leucina. **(B)** Siglas e nomes dos aminoácidos. (Cores-fantasia.)

Todos os seres vivos têm o mesmo código genético. Saber que uma bactéria, uma ameba, uma planta, um ser humano e até mesmo os vírus, que são formas bem particulares de organização biológica, têm o mesmo código genético trouxe mais uma forte evidência a favor da origem única da vida, ou seja, de que todos os seres que já viveram na Terra e que vivem hoje descendem de um ancestral comum. Dizemos, então, que o código genético é **universal**.

Síntese de proteínas: tradução

O processo de síntese de proteínas se chama tradução. Desse processo, que precisa de energia para ocorrer, participam três tipos de RNA:

- **RNA ribossômico** (**RNAr**) – funciona como ribozima e ocorre associado a proteínas, formando os ribossomos, estruturas que têm duas subunidades, sendo uma maior do que a outra, e sítios de ligação para os outros dois tipos de molécula de RNA (**Fig. 1.13.A**);
- **RNA mensageiro** (**RNAm**) – cada molécula é constituída por um filamento simples que contém vários códons (**Fig. 1.13.B**). A sequência dos códons determina a sequência de aminoácidos da proteína. O RNAm leva a informação do DNA para a produção do polipeptídeo.
- **RNA transportador** (**RNAt**) – em uma das extremidades livres de sua molécula há sempre a sequência **ACC** de bases nitrogenadas, na qual ocorre a associação com o aminoácido. Em outra região da molécula há uma sequência de três bases, denominada **anticódon**, que reconhece o códon no RNAm (**Fig. 1.13.C**).



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia.* 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. Modern Biology. New York: Holt Rinehart & Winston, 2007.

Figura 1.13 **(A)** Representação esquemática de um ribossomo com seus diferentes sítios. **(B)** Representação esquemática de um trecho do RNAm. **(C)** Representação esquemática de estrutura tridimensional de um RNAt (à esquerda) e o modelo esquemático do RNAt (à direita); os anticódons são lidos no sentido 3′ para 5′. (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.

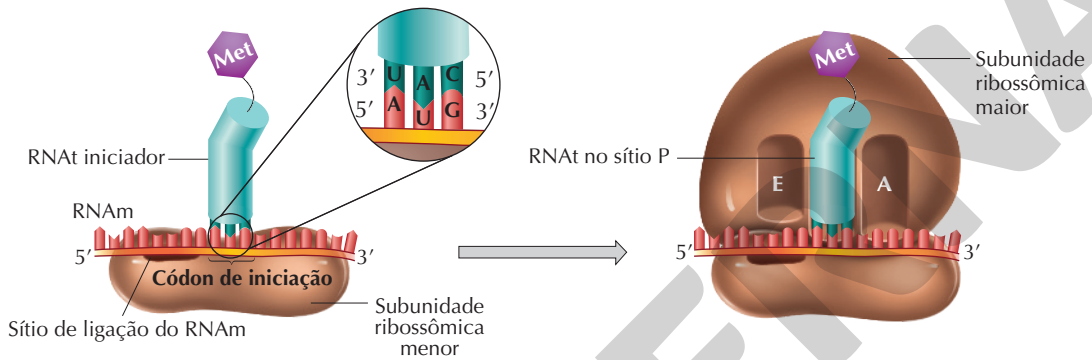
MODELO

Toda molécula de RNAm dos eucariontes apresenta:

- um **códon de iniciação**, que é sempre o mesmo (AUG), correspondente ao aminoácido metionina;
- **vários códons** que determinam a sequência dos aminoácidos no polipeptídeo;
- um **códon de parada**, que marca o final daquela cadeia polipeptídica, podendo ser UAG, UAA ou UGA. Só há um deles em cada molécula de RNAm.

A tradução ocorre em três etapas sucessivas: **iniciação**, **alongamento** e **terminação**.

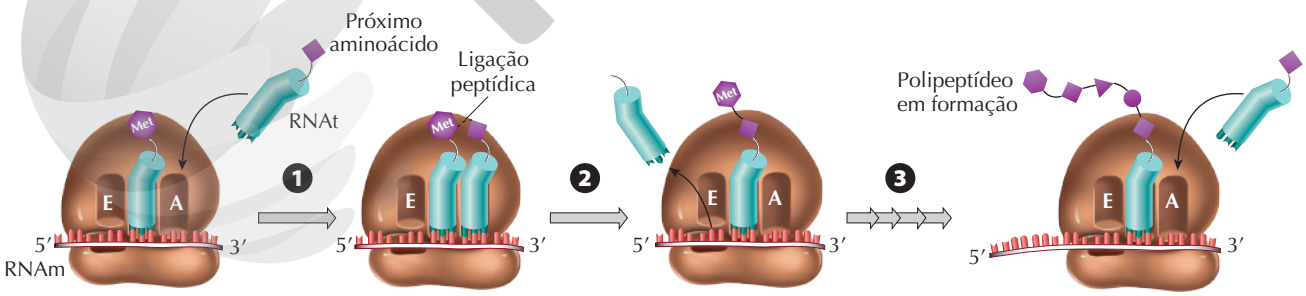
Na etapa de **iniciação**, a subunidade menor do ribossomo associa-se ao RNAt da metionina. Juntos, passam a percorrer a molécula de RNAm até encontrarem o códon de iniciação: AUG. Quando o encontram, a subunidade maior do ribossomo une-se ao conjunto (**Fig. 1.14**). Em seguida, o RNAt da metionina fica associado ao sítio **P** do ribossomo, e os sítios **A** e **E**, nessa etapa, permanecem vazios. A **metionina** é, assim, o primeiro aminoácido da cadeia polipeptídica.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 1.14 Representação esquemática do processo de iniciação da transcrição. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Tem início, na sequência, a etapa de **alongamento**, em que os aminoácidos são adicionados um a um de acordo com os códons do RNAm. Um RNAt com o aminoácido que corresponde ao códon seguinte do RNAm encaixa-se no sítio **A**. Uma ligação peptídica é estabelecida entre os dois aminoácidos. O RNAm movimenta-se até o próximo códon, o que promove o deslocamento do ribossomo no sentido 5′→ 3′. O RNAt contendo os dois aminoácidos unidos passa a ocupar o sítio **P**, deixando o sítio **A** vazio, enquanto o RNAt da metionina passa para o sítio **E** e é liberado. Depois, outro RNAt, com um terceiro aminoácido correspondente ao terceiro códon do RNAm, entra no sítio **A**, desencadeando a formação de outra ligação peptídica entre o segundo e o terceiro aminoácidos e o processo se repete até que o polipeptídeo seja formado (**Fig. 1.15**).



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

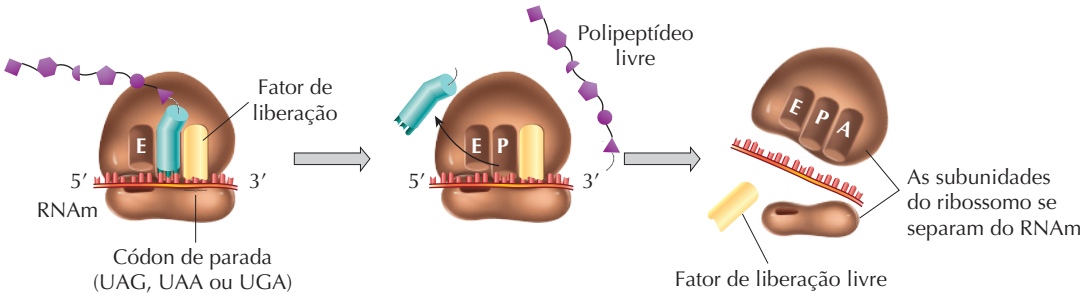
Figura 1.15 Representação esquemática da fase de elongação da tradução. **(1)** Estabelece-se a ligação peptídica. **(2)** O ribossomo passa para o próximo códon. **(3)** Esse processo se repete e o polipeptídeo vai sendo formado. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Na etapa de terminação, o sítio **A** é ocupado por proteínas citoplasmáticas (fatores de liberação) que se ligam diretamente ao códon de parada do RNAm, cessando a síntese da molécula de polipeptídeo. A molécula é então liberada do RNAt, as subunidades maior e menor do ribossomo dissociam-se e

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

o RNAm fica livre no citoplasma (**Fig. 1.16**). A metionina do início da cadeia pode ser removida ou fazer parte do polipeptídeo.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 1.16 Representação esquemática da etapa de terminação da tradução. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Após a tradução, as proteínas podem passar por vários tipos de modificações, que são chamadas **modificações pós-traducionais**. Alguns aminoácidos, por exemplo, podem ser removidos ou modificados; ou os polipeptídeos podem se associar a glicídios ou a lipídios, formando, respectivamente, glicoproteínas e lipoproteínas; ou pode haver dobramentos espontâneos da proteína, originando a estrutura secundária ou terciária. Entre as proteínas que fazem dobramentos, existem as que só o fazem sob a ação de certas moléculas auxiliares, as chamadas chaperonas.

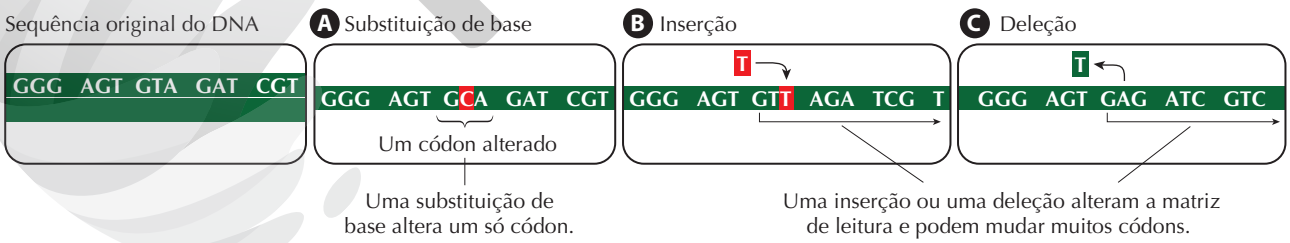
Note que as possibilidades de produtos de um gene são muitas: o RNA que é transcrito pode ser maturado de forma distinta e, com isso, um gene pode dar origem a RNAm diferentes, que codificam proteínas distintas; além disso, após a tradução, o polipeptídeo formado pode passar por modificações.

Mutações

Modificações na sequência de bases nitrogenadas do DNA são chamadas **mutações**. Elas podem ocorrer tanto nas células somáticas quanto nas germinativas. As mutações somáticas podem ficar restritas aos indivíduos que as apresentam. Nos seres que se reproduzem de modo assexuado, elas são transmitidas aos descendentes, o que não acontece nos casos de reprodução sexuada. Já as mutações nas células germinativas podem ser transmitidas ao longo das gerações, de pais para filhos. Há nas células, no entanto, um **sistema de reparo** dessas alterações, o que reduz a quantidade de mutações que persistem.

As mutações podem afetar uma ou mais bases nitrogenadas, tanto nas regiões codificantes quanto nas regiões não codificantes do DNA. Neste último caso, seus efeitos podem não ser perceptíveis. Embora na maior parte dos casos as mutações gênicas sejam deletérias (ou seja, desfavoráveis), elas são muito importantes em termos evolutivos e são a fonte primária da variabilidade genética em uma população. Maior variabilidade genética em uma população propicia maiores chances de sobrevivência a alterações ambientais.

As mutações podem ocorrer por **substituição**, **inserção** e **deleção** de nucleotídeos na molécula de DNA (**Fig. 1.17**).



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 1.17 Representação esquemática de um trecho do DNA com as bases nitrogenadas e os três tipos básicos de mutações gênicas: **(A)** substituição, **(B)** inserção e **(C)** deleção. Note que, nas figuras **(B)** e **(C)**, todo o padrão de códons se altera a partir da inserção ou deleção de uma base T, respectivamente.

No caso da mutação por substituição de um nucleotídeo por outro, o códon se altera, mas nem sempre há alteração da função da proteína. Nesses casos, duas situações podem ocorrer:

Situação 1 – não há alteração no polipeptídeo, pois o código genético é degenerado: trincas diferentes podem codificar o mesmo aminoácido. Por exemplo, uma mutação na trinca AAA, que

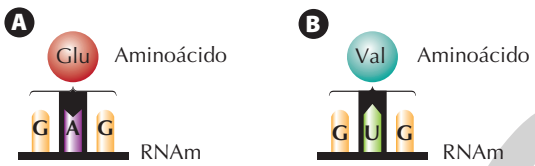
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

corresponde ao códon UUU, para trinca AAG, que corresponde ao códon UUC: ambos codificam o animoácido fenilalanina. Mutações desse tipo são chamadas "**silenciosas**" e são responsáveis por uma variabilidade genética que é sempre maior do que a diversidade de características.

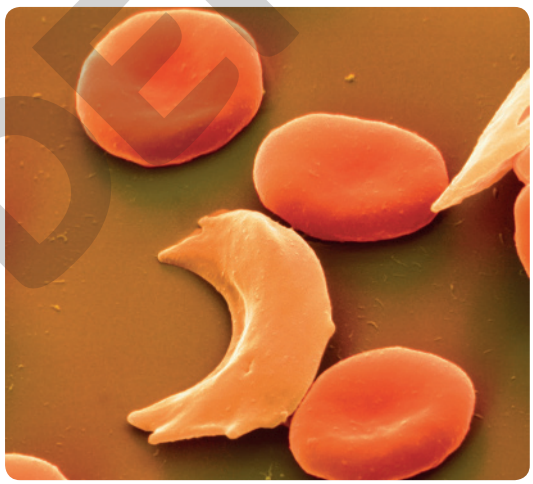
Situação 2 – há alteração no aminoácido; com isso, o polipeptídeo muda, mas nem sempre a função da proteína é alterada. Certas regiões de uma molécula de proteína podem não ser essenciais ao seu funcionamento. A **insulina**, por exemplo, é uma proteína que age como hormônio e está presente em todos os vertebrados, mas a molécula não é idêntica em todas as espécies. Quando comparamos a sequência de aminoácidos da insulina de duas ou mais espécies diferentes, observamos alterações na sequência que, no entanto, não prejudicam a forma e a função dessa proteína. Dizemos, então, que ocorrem **mutações funcionalmente neutras**, conservadas no DNA dos indivíduos ao longo das gerações. Em contrapartida, existem regiões responsáveis pela forma tridimensional da proteína, garantindo assim a sua função. Se essas regiões essenciais apresentarem substituições de aminoácidos, a molécula pode deixar de ser funcional. Um exemplo é a hemoglobina humana, proteína presente nas hemácias e responsável pelo transporte de gases respiratórios, em especial o gás oxigênio. Uma só mutação por substituição de nucleotídeo no DNA altera a função da hemoglobina, que deixa de transportar o gás oxigênio com a mesma eficiência e dá origem à doença anemia falciforme. Nesse caso, a mutação leva à troca do aminoácido glutamina pelo aminoácido valina na molécula de hemoglobina (**Fig. 1.18**).

A **anemia falciforme** é uma doença genética em que as hemácias apresentam aspecto de foice, daí o nome falciforme (**Fig. 1.19**). Essas hemácias são mais frágeis e podem se romper causando problemas, como fortes dores. Em certos casos, o rompimento é tão intenso e rápido que pode levar a pessoa à morte.



Fonte: RAVEN, P. *et al. Biology*. 10. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2013.

Figura 1.18 Representação esquemática de trechos da molécula de RNAm com a sequência normal **(A)** codificada do gene para hemoglobina e a sequência alterada **(B)**. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.19 Hemácias normais (redondas) e hemácia falciforme (ao centro). (Imagem obtida de microscópio eletrônico, colorizada artificialmente. As hemácias humanas apresentam em média 7 μm de diâmetro.)

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

Atividades

Uma revisão a respeito dos aspectos moleculares da anemia falciforme e seus efeitos pode ser encontrada em: <https://www.scielo.br/pdf/jbpml/v39n1/v39n1a10>. (acesso em: 8 set. 2020).

Registre em seu caderno

1. Considere nucleotídeos presentes nos cromossomos de duas espécies distintas de organismos unicelulares. A respeito deles, é correto dizer que:

a) pelo menos alguns contêm uracila.
b) diferem entre si pela posição do grupo fosfato na molécula.
c) contêm em comum a adenina e a timina.
d) o número total de nucleotídeos é o mesmo nas duas espécies.
e) o glicídio presente em sua molécula é a ribose.

2. Nas células, o sentido do fluxo da informação genética é:

a) RNA → proteína → DNA.
b) DNA → RNA → proteína.
c) Proteína → RNA → DNA.
d) DNA → proteína → RNA.
e) RNA → DNA → glicose.

3. Quais das seguintes sequências pode corresponder a um trecho de uma molécula de RNA?

a) GAUCGCUAUUAC.
b) AATTCCGGATCGT.
c) met-ser-lis-arg-his-trp.
d) leu-ala-val-gli-ser-asp.
e) GGCCGGCCTTAA.

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

4. No processo de transcrição, a região promotora é:
- **a)** uma sequência específica de nucleotídeos do DNA.
- **b)** uma sequência específica de nucleotídeos do RNAm.
- **c)** uma proteína que se liga ao DNA.
- **d)** uma enzima que sintetiza o RNA.
- **e)** o primeiro trio de aminoácidos do polipeptídeo formado.

5. A respeito dos íntrons, é correto afirmar que:
- **a)** Correspondem às porções dos genes que se expressam na síntese de proteínas.
- **b)** São as porções do DNA não codificadoras que se situam entre os genes.
- **c)** Correspondem à totalidade do DNA-lixo ou não codificante.
- **d)** São partes dos genes que não têm correspondência nos polipeptídeos formados.
- **e)** Uma vez transcritos, são removidos do RNA na etapa de alongamento.

6. Considere que, em uma cadeia do DNA, a sequência de bases nitrogenadas seja ATTGCGTAT. Qual das sequências a seguir pode ser encontrada na outra cadeia do DNA?
- **a)** ATTGCGTAT.
- **b)** TATGCGTTA.
- **c)** TAAGCGATA.
- **d)** TAACGCATA.
- **e)** UAACGCAUA.

7. A substituição de uma única base na molécula de DNA leva necessariamente à substituição de um aminoácido na proteína a ser sintetizada pela célula?
- **a)** Errado, pois o código genético é degenerado, ou seja, diferentes trincas podem especificar o mesmo aminoácido na síntese das proteínas celulares.
- **b)** Certo, porque a substituição de uma base no DNA também muda o códon transcrito.
- **c)** Errado, porque a transcrição é a mesma e forma os mesmos códons para a produção da proteína.
- **d)** Certo, e é por essa razão que as mutações causam defeitos no funcionamento das células.
- **e)** Errado, porque a tradução não depende das mudanças ocorridas no DNA celular, mesmo com o código degenerado.

8. Analise a seguinte afirmação: "Uma única mutação pontual pode fazer com que a síntese de uma proteína seja interrompida prematuramente". Nesse caso a mutação:
- **a)** pode ter inviabilizado a leitura correta do RNAt.
- **b)** deve ter provocado a inativação dos sítios A e P do ribossomo e provocado a parada de leitura.
- **c)** deve ter alterado um códon que codificava um aminoácido, transformando-o em um códon de parada, que interrompe a leitura do RNAm pelo ribossomo.
- **d)** pode ter provocado uma transcrição errada e anulado o códon de parada.
- **e)** deve ter inativado os fatores de liberação que se ligam ao códon de alongamento do RNAm.

9. Considere uma proteína formada por 1.800 aminoácidos. Quantos códons especificam esses aminoácidos no seu RNAm?
- **a)** 1.800 códons.
- **b)** 900 códons.
- **c)** 3.600 códons.
- **d)** 5.400 códons.
- **e)** 6.000 códons.

10. A acicloguanosina é uma das drogas antivirais mais comuns e é muito usada para o tratamento de herpes. Seu mecanismo de ação envolve a conversão da molécula inicial em trifosfato de acicloguanosina (aciclo-GTP) pela ação de enzimas virais e do hospedeiro. O aciclo-GTP tem alta afinidade pela DNA polimerase viral, e sua incorporação à cadeia impede a adição de outros nucleotídeos. No hospedeiro, o aciclo-GTP é rapidamente metabolizado.

Sobre a acicloguanosina, foram feitas as afirmações a seguir.

I. Seu mecanismo de ação impede a duplicação do DNA viral.

II. Seu mecanismo de ação impede a transcrição de RNA a partir do DNA viral.

III. Esse medicamento só deve ser usado em casos graves, pois pode provocar alterações no DNA do hospedeiro.

Está correto somente o que se afirma em:
- **a)** II e III.
- **b)** II.
- **c)** I e III.
- **d)** I, II e III.
- **e)** I.

11. (UPE) Nos ácidos nucleicos, encontram-se bases nitrogenadas formando pares de relativas especificidades. Ao se analisar o DNA de uma determinada bactéria, encontram-se 38% de bases Citosina (C). Que percentuais de bases Adenina (A), Guanina (G) e Timina (T) são esperados respectivamente?
- **a)** 62%, 38%, 62%.
- **b)** 24%, 38%, 24%.
- **c)** 38%, 12%, 12%.
- **d)** 62%, 12%, 12%.
- **e)** 12%, 38%, 12%.

12. (Unicamp-SP) Em 25 de abril de 1953, um estudo de uma única página na revista inglesa *Nature*, intitulado "A estrutura molecular dos ácidos nucleicos", quase ignorado de início, revolucionou para sempre todas as ciências da vida, sejam elas do homem, rato, planta ou bactéria. James Watson e Francis Crick descobriram a estrutura do DNA, que permitiu posteriormente decifrar o código genético determinante para a síntese proteica.
- **a)** Watson e Crick demonstraram que a estrutura do DNA se assemelha a uma escada retorcida. Explique a que correspondem os "corrimãos" e os "degraus" dessa escada.
- **b)** Que relação existe entre DNA, RNA e síntese proteica?
- **c)** Como podemos diferenciar duas proteínas?

13. (Enem) Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla-hélice por Watson e Crick, que foi

Esclareça aos estudantes que algumas referências utilizam o termo "fita" (do inglês, *strand*) para designar a cadeia nucleotídica do DNA.

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

SUPERIA

confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é o material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio nela, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que:

a) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.

b) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.

c) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.

d) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.

e) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

14. Considere as duas situações a seguir e resolva o que se pede.

Situação **A**: foram analisadas duas amostras de DNA, obtendo-se as seguintes proporções de base nitrogenada adenina em cada uma delas:

Amostra	% de Adenina
1	29
2	16

Que proporções de timina, citosina e guanina são esperadas para cada uma dessas amostras?

Situação **B**: foram analisadas duas amostras de ácidos nucleicos, obtendo-se os resultados apresentados na próxima tabela:

Amostra	% de Bases A	% de Bases G
A	23	27
B	32	28

As conclusões obtidas com base na análise dos dados foram listadas a seguir. Analise cada uma delas e avalie se está correta ou incorreta:

I. A amostra A é de DNA.
II. Tanto a amostra A quanto a amostra B são DNA.
III. A amostra A não é DNA.
IV. A amostra B não é DNA.
V. As amostras são de RNA.

15. A partir de 1960, foi possível isolar em laboratório a maquinaria celular responsável pela síntese de proteínas em bactérias – ribossomos e enzimas. A adição de um RNAm humano a essa maquinaria resultava na síntese de uma proteína muito parecida com a que, em geral, é produzida em células humanas. Hoje, com as modernas técnicas de biologia molecular, é possível inserir um gene de praticamente qualquer espécie na célula da bactéria, que passa a produzir a proteína codificada por aquele gene. Um exemplo disso é a produção de insulina por *Escherichia coli* a partir do isolamento do RNAm sintetizado a partir do gene humano codificador da insulina. Assim, essa modalidade de produção permite disponibilizar à sociedade insulina em maior quantidade e menor preço para tratamento da diabetes. Antes, uma insulina muito parecida com a humana era extraída do pâncreas de bois e porcos, mas apresentava risco de reações alérgicas. Considerando o código genético, como se explica que uma bactéria possa sintetizar uma proteína a partir de RNAm humano?

16. Considere um experimento hipotético em que uma bactéria tenha sido cultivada em dois meios de cultura com todos os nutrientes adequados ao crescimento e multiplicação dos indivíduos. Em um desses meios de cultura foram adicionados nucleotídeos de uracila, marcados com o isótopo radioativo do fósforo ^{32}P. No outro meio, além dos nucleotídeos marcados, adicionou-se certo tipo de antibiótico. Ao se analisar a radioatividade incorporada nas células dessas bactérias nos dois meios de cultura ao longo do tempo, obteve-se o resultado mostrado no gráfico.

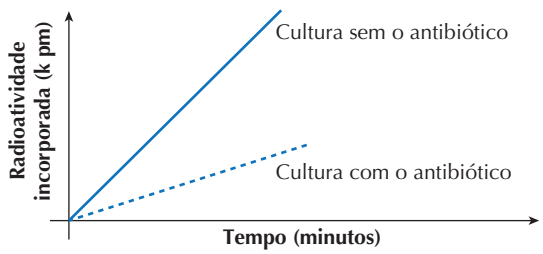


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

a) Qual foi o objetivo de colocar no meio de cultura nucleotídeos de uracila marcados com o isótopo radioativo? Qual processo estava sendo indiretamente investigado?

b) O que sugerem os resultados obtidos no meio de cultura em que o antibiótico foi adicionado?

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.

MOBERNA

TEMA 2

Biotecnologia

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 5; 6
Habilidades: EM13CNT104; EM13CNT304

Biotecnologia (do grego, *bio* = vida; *tecno* = técnica; *logia* = estudo) é uma área interdisciplinar de estudo que vem se desenvolvendo de modo significativo. Segundo a Convenção de Diversidade Biológica, realizada em 1992, a biotecnologia abrange:

> [...] qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica. [...]

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Convenção sobre diversidade biológica*. Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf>. Acesso em: 1º set. 2020.

Assim, vários são os exemplos que se enquadram nesse conceito. Os fungos como fermentadores naturais vêm sendo usados há muito tempo na produção de pães, vinhos e cervejas. Bactérias têm sido usadas para obter derivados do leite, como iogurtes e queijos. Gado tem sido selecionado para melhor produção de carne ou de leite, além de muitos outros exemplos de cruzamento seletivo em animais. No caso das plantas, os exemplos são muitos também. Supõe-se que um dos primeiros casos de domesticação de plantas tenha ocorrido no México há cerca de 9 mil anos, quando agricultores passaram a realizar o cruzamento seletivo de uma gramínea nativa, o teosinto, que tinha uma espiga bem fina e com poucas sementes que se soltam facilmente (**Fig. 2.1**). Desses cruzamentos seletivos, teria surgido o milho que conhecemos hoje.

PEDRO TENORIO LEZAMA/CONABIO

Figura 2.1 Espiga de teosinto (*Zea mays* ssp. *parviglumis*), planta ancestral do milho (*Zea mays* ssp. *mays*). Espiga de teosinto mede cerca de 5 cm de comprimento.

Técnicas de reprodução seletiva continuam a ser empregadas com sucesso, como a que deu origem ao algodão naturalmente colorido, desenvolvido a partir da seleção de variedades silvestres de algodão pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na região de Campina Grande, na Paraíba. Hoje esse tipo de algodão, que pode ser de várias cores, tem sido usado para a confecção de roupas, redes, bolsas e outros materiais (**Fig. 2.2**). A vantagem dessa técnica é que o processo de tintura do algodão branco, que é prejudicial para o meio ambiente, se torna desnecessário. Além disso, por não conter corantes, as roupas feitas com ele não causam alergias.

LUIZ PAULO DE CARVALHO/CNPA/EMBRAPA ALGODÃO

Figura 2.2 Novas linhagens de algodão naturalmente colorido, oriundas do cruzamento entre as espécies *Gossypium barbadense* e *Gossypium hirsutum*. Nestas espécies, as plantas têm de 1 a 3 m de altura.

Fique por dentro

O algodão colorido conquista mercado internacional da moda

A reportagem aborda como o algodão colorido tem conquistado o mercado internacional da moda. Além disso, apresenta os desafios da produção desse material.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2565547/algodao-colorido-conquista-mercado-internacional-de-moda>.

O algodão colorido e sua história

O texto traz a história do melhoramento genético do algodão colorido, as vantagens ambientais do uso e as variedades e cores produzidas.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agricultura/-/asset_publisher/FcDEMJIbvFle/content/conheca-a-historia-do-algodao-colorido/1355746?inheritRedirect=false>.

Acessos em: 1º set. 2020.

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

MODERNA

Além da reprodução seletiva, hoje se empregam cada vez mais técnicas de manipulação direta do material genético dos organismos, como as que dão origem aos **organismos transgênicos**, ou seja, que portam genes de outras espécies. Um exemplo é o arroz dourado que contém genes de bactérias e da planta narciso (*Narcissus pseudonarcissus*), o que faz com que produza o betacaroteno. Precursor da vitamina A, o betacaroteno dá a cor amarela ao grão; o arroz dourado contribui para sanar a deficiência de vitamina A em populações de pelo menos 26 países.

As técnicas de manipulação do DNA começaram a surgir na década de 1970, com a **tecnologia do DNA recombinante**, e têm se desenvolvido desde então. A manipulação do material genético dos organismos é um campo em plena expansão, conhecido como **Engenharia Genética**. Além de organismos transgênicos, essas técnicas propiciaram o mapeamento de genes nos cromossomos e sequenciamento do DNA, ou seja, a determinação da sequência de bases nitrogenadas do material genético de uma espécie. É o caso do trabalho realizado pelo Projeto Genoma Humano, que contou com a colaboração de pesquisadores brasileiros, concluído em 2003. Essas técnicas têm aprimorado os serviços de aconselhamento genético, pois possibilitam informar a um indivíduo se ele é ou não portador de um gene que causa doença e se este pode ser transmitido aos descendentes.

As técnicas da Engenharia Genética permitem, ainda, fazer a identificação de pessoas com base na análise do DNA, com um nível de certeza igual ao das impressões digitais. Conhecido como **impressão digital genética** ou **DNA *fingerprint*** (palavra inglesa que significa impressão digital), esse recurso tem sido empregado, por exemplo, em testes de paternidade e na resolução de casos criminais.

A Engenharia Genética tem aberto caminhos para a produção de medicamentos de forma mais rápida e eficiente e para a clonagem de plantas e animais, sejam eles transgênicos ou não. Os avanços dessa área têm contribuído, assim, para o crescimento acelerado de muitos outros campos da indústria e do saber científico, como a Medicina, a Veterinária, a Agronomia e a Ciência forense.

Um exemplo recente da importância da Engenharia Genética e de seus avanços foi o rápido sequenciamento do genoma do novo coronavírus (SARS-CoV-2), um vírus de RNA que causa a doença covid-19, responsável pela grave pandemia que teve início no final de 2019, na China. Uma vez sequenciado, o genoma foi comparado com o de outros vírus cujos genomas ficam arquivados em uma plataforma pública. Nessa comparação, quanto mais próximos forem os genomas, maior a probabilidade de existir uma ligação epidemiológica entre eles, o que ajuda a compreender como a doença se comporta nas populações ao longo do tempo. Nesse processo, verificou-se proximidade com o vírus SARS-CoV, que já havia causado uma epidemia respiratória em 2002 e 2003. Entender as peculiaridades desse vírus permitiu o avanço das medidas de prevenção, da compreensão da doença e da busca por possíveis tratamentos e vacinas. No Brasil, uma equipe coordenada pela médica doutora Ester Sabino, pesquisadora do Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo (USP), conseguiu sequenciar em apenas 48 horas o genoma do vírus proveniente de amostras do primeiro caso de infecção da doença covid-19 na América Latina (**Fig. 2.3**). Foi possível verificar que, no caso do Brasil, o vírus era mais próximo daquele que foi encontrado na Europa, em comparação com o que foi encontrado na China, confirmando a origem europeia do primeiro caso brasileiro. Esse tipo de análise tem possibilitado acompanhar as mutações do vírus e identificar de modo mais eficiente o mapa da expansão da doença.

ALMIR R FERREIRA/SCAPI IMT

Figura 2.3 Da esquerda para direita a biomédica Ingra Morales, a farmacêutica Erika Manuli, a médica Ester Sabino (coordenadora da equipe de pesquisa), as biomédicas Flávia Salles e Jaqueline Goes de Jesus (coordenadora da pesquisa de sequenciamento), responsáveis por sequenciar o genoma do vírus SARS-CoV-2 no Brasil, em 2020.

Neste Tema, vamos analisar algumas técnicas de manipulação do material genético e mais exemplos de suas aplicações. É importante sempre ter em mente que a Engenharia Genética pode ser usada para a melhoria da vida em nosso planeta, mas deve ser utilizada dentro de padrões éticos e morais que guiam a ciência.

Fique por dentro

Por que sequenciar o genoma do novo coronavírus é importante

CARBINATTO, B. *Superinteressante*, 2 mar. 2020.

O texto trata da importância de conhecer o genoma do vírus para detectar mutações e buscar uma vacina. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-sequenciar-o-genoma-do-novo-coronavirus-e-importante/>.

Responsáveis pelo sequenciamento do genoma do novo coronavírus

LIMA, B. *Correio Braziliense*, 8 mar. 2020.
O artigo apresenta as pesquisadoras responsáveis pelo sequenciamento do novo coronavírus no Brasil. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/03/08/interna-brasil,832797/conheca-as-5-pesquisadoras-que-sequenciaram-o-genoma-do-coronavirus.shtml>.
Acessos em: 1º set. 2020.

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

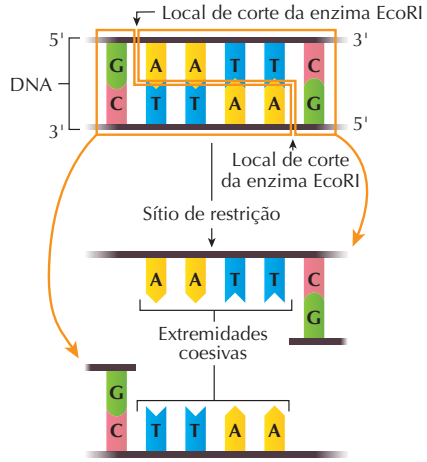
Tecnologia do DNA recombinante

O DNA é uma molécula grande e, para que seja manipulado, é necessário, além de extraí-lo e isolá-lo das células, cortá-lo em locais específicos de modo que sejam gerados trechos menores. Para isso, são empregadas enzimas chamadas **endonucleases de restrição** ou simplesmente **enzimas de restrição**, que ocorrem em procariontes e fazem parte de um mecanismo de defesa desses organismos contra a infecção viral. Elas agem como "tesouras moleculares", cortando o DNA do vírus invasor, tornando-o inativo.

A primeira enzima de restrição foi isolada na década de 1970. Atualmente, outras enzimas já foram identificadas e purificadas; muitas delas são comercializadas para o uso em laboratórios de Biologia Molecular.

Cada enzima de restrição corta o DNA em uma sequência específica de bases nitrogenadas denominada **sítio de restrição**. Assim, o corte feito não ocorre de forma aleatória.

As sequências que essas enzimas reconhecem são curtas, com quatro a oito nucleotídeos, e chamadas **palindrômicas**, termo que se refere a palavras ou frases que têm o mesmo significado quando lidas em um sentido ou em outro, como a palavra "radar". No caso do DNA, essas sequências são iguais quando lidas no sentido 5' → 3' tanto em uma cadeia quanto na cadeia complementar da molécula. A enzima chamada **EcoRI** (lê-se Eco R 1) reconhece a sequência 5'GAATTC3', cortando-a entre as bases G e A. Como essa sequência é a mesma na direção oposta na cadeia complementar da molécula, o corte ocorre em ambas as cadeias, dando origem a segmentos de DNA com extremidades chamadas coesivas (**Fig. 2.4**).



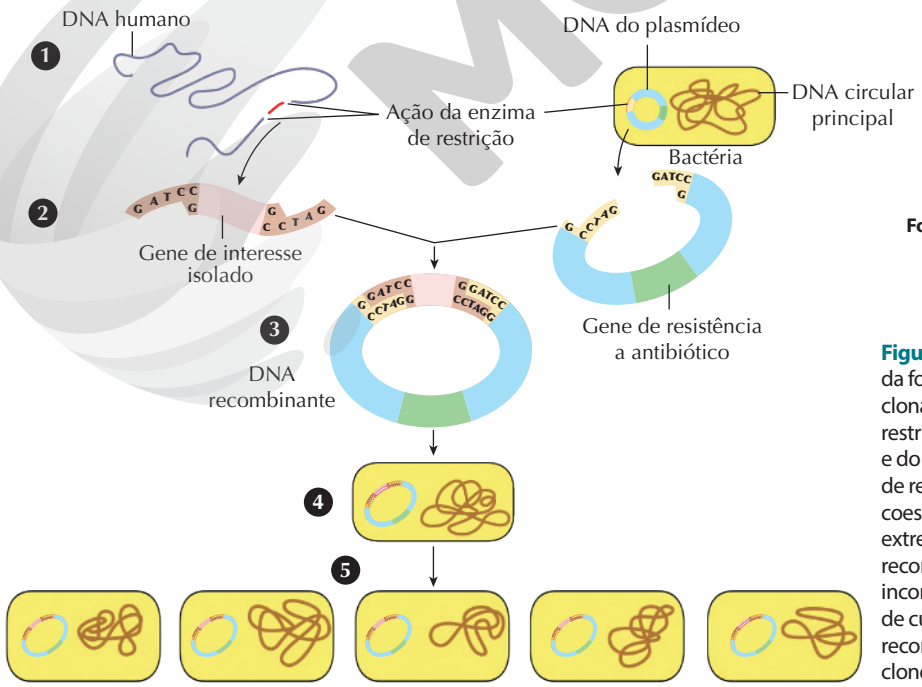
Fonte: RAVEN, P. *et al. Biology*. 10. ed. Nova York: McGraw-Hill Education, 2013.

Figura 2.4 Representação esquemática do sítio de restrição da enzima EcoRI. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Ao quebrar moléculas de DNA com a mesma enzima de restrição, mesmo que essas moléculas sejam provenientes de organismos diferentes, obtêm-se fragmentos com as mesmas extremidades coesivas. Por meio da ação da enzima **DNA ligase**, é possível unir esses fragmentos. A molécula de DNA associada ao novo trecho inserido é o **DNA recombinante**.

Clonagem de DNA

Clonagem de DNA significa produzir inúmeras cópias idênticas de um mesmo fragmento da molécula de DNA. Uma maneira de fazer isso é com o uso de **plasmídeo**, pequenas moléculas circulares de DNA presentes em bactérias. Com o emprego de enzimas de restrição, é possível inserir o fragmento de DNA de interesse em um plasmídeo. Em seguida, a molécula criada é inserida em bactérias, que são cultivadas em condições favoráveis à sua proliferação. Ao se multiplicarem, elas produzem novas cópias do plasmídeo recombinante, os **clones**, que posteriormente são extraídos da cultura bacteriana e purificados (**Fig. 2.5**).



Fonte: CLARK, M. A.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/17-1-biotechnology>. Acesso em: 2 set. 2020.

Figura 2.5 Representação esquemática da formação de DNA recombinante e sua clonagem em bactérias. **(1)** A enzima de restrição corta a molécula de DNA humano e do plasmídeo bacteriano no mesmo sítio de restrição. **(2)** Formam-se as extremidades coesivas. **(3)** A DNA ligase une essas extremidades coesivas, formando o DNA recombinante. **(4)** O DNA recombinante é incorporado em uma bactéria. **(5)** Em meio de cultura adequado, a bactéria com o DNA recombinante multiplica-se dando origem a clones. (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.

MODERNA

Os plasmídeos contêm, em geral, genes que conferem resistência a antibióticos, mas não são essenciais à manutenção do metabolismo bacteriano. Dessa forma, os plasmídeos podem ser manipulados sem prejudicar as bactérias e são usados como vetores de trechos de moléculas de DNA de outras espécies.

Com essa técnica, as milhares de cópias de um mesmo fragmento de DNA ficam disponíveis em uma biblioteca de DNA, para identificação das sequências de bases e para outros estudos de Biologia Molecular.

DNA recombinante e produção de medicamentos

As técnicas descritas anteriormente têm sido utilizadas na produção de medicamentos, como os hormônios insulina e somatotropina. As bactérias com o DNA recombinante são cultivadas em meios nutritivos em escala industrial, e dentro delas os genes humanos se expressam. Formam-se assim as moléculas proteicas desejadas, que são isoladas e purificadas.

A insulina é fundamental no metabolismo do açúcar. Em alguns casos de diabetes, as pessoas precisam receber diariamente doses adequadas de insulina para controlar o teor de açúcar no sangue. A insulina produzida pela técnica do DNA recombinante é idêntica à sintetizada pelo pâncreas humano, pois o gene relacionado com sua produção é extraído de célula pancreática humana. Isso evita que ocorram reações alérgicas nos diabéticos, que antes só podiam contar com a insulina extraída do pâncreas de ratos criados em laboratório ou de bois e porcos obtidos em matadouros.

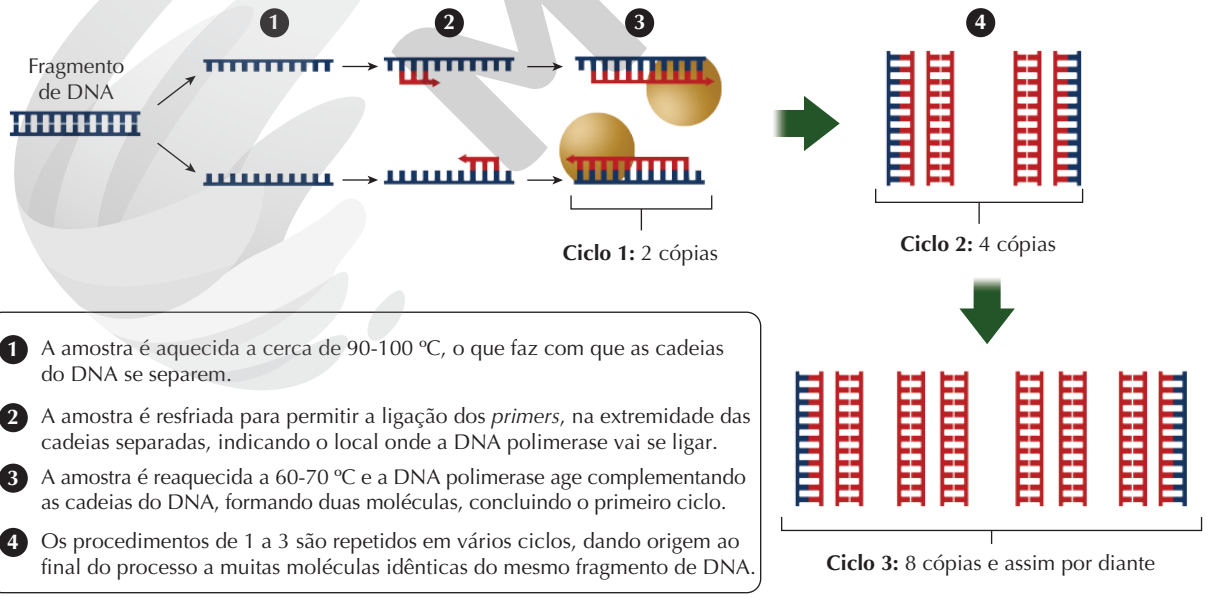
A somatotropina é um hormônio responsável pelo crescimento do indivíduo, sendo produzido na hipófise. Na ausência ou insuficiência desse hormônio a criança não cresce adequadamente. Antigamente, o tratamento era feito com a somatotropina extraída da hipófise de cadáveres, mas agora esse hormônio é produzido por bactérias que recebem o gene humano da somatotropina e são clonadas em laboratório.

Técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR)

Muitas vezes, a quantidade de DNA que foi isolada de um tecido ou organismo e que está disponível para estudo é muito pequena. Nesses casos, é necessário amplificar a amostra antes da análise propriamente dita. Essa amplificação se faz induzindo sucessivas duplicações das moléculas disponíveis até obter a quantidade adequada. A técnica que tornou isso possível chama-se reação em cadeia da polimerase (PCR – do inglês, *polymerase chain reaction*) e foi desenvolvida em 1985 pelo bioquímico estadunidense Kary Mullis (1944-2019).

As polimerases são enzimas celulares que catalisam reações de polimerização, ou seja, formação de moléculas de cadeias longas. É o caso da DNA polimerase, que participa da duplicação da molécula de DNA.

Simplificadamente, na PCR os fragmentos de DNA a serem amplificados são submetidos a ciclos de aquecimento e resfriamento, que resultam na sua multiplicação, como mostra a **figura 2.6**. Para indicar o local onde a DNA polimerase vai se ligar para formar a molécula nova, são utilizadas pequenas sequências de cadeia única de DNA, os *primers*, que se ligam a sequências específicas e conhecidas daquele fragmento.



1. A amostra é aquecida a cerca de 90-100 °C, o que faz com que as cadeias do DNA se separem.
2. A amostra é resfriada para permitir a ligação dos *primers*, na extremidade das cadeias separadas, indicando o local onde a DNA polimerase vai se ligar.
3. A amostra é reaquecida a 60-70 °C e a DNA polimerase age complementando as cadeias do DNA, formando duas moléculas, concluindo o primeiro ciclo.
4. Os procedimentos de 1 a 3 são repetidos em vários ciclos, dando origem ao final do processo a muitas moléculas idênticas do mesmo fragmento de DNA.

Fonte: MILLER, J.; LEVINE, J. *Biology.* Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010.

Figura 2.6 Representação esquemática da PCR. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

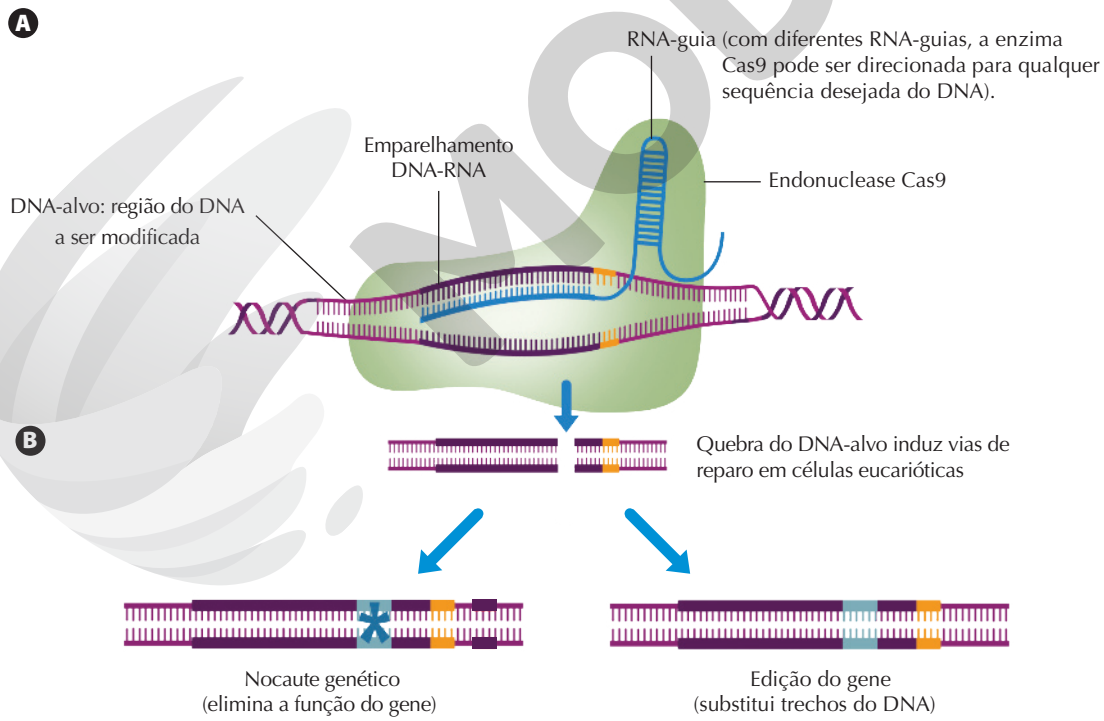
Todo esse processo só foi possível graças à identificação de DNA polimerases que não se desnaturam em altas temperaturas. Essas moléculas foram isoladas de bactérias extremófilas da espécie *Thermus aquaticus* que vivem em fontes termais do parque Yellowstone, nos Estados Unidos. A atividade máxima da enzima se dá a cerca de 70 °C e ela não sofre desnaturação nas temperaturas mais altas usadas na PCR, podendo ser adicionada à amostra desde o início do processo.

CRISPR: uma nova ferramenta para editar DNA

Em 1987, estudos com a bactéria *Escherichia coli* revelaram uma estrutura bem particular em seu material genético: nela havia repetições palindrômicas com cerca de 30 bases separadas por trechos espaçadores com aproximadamente 36 bases. Essa estrutura foi chamada CRISPR (do inglês, *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*, ou grupos de repetições palindrômicas curtas regularmente espaçadas, em português). Verificou-se também que essa sequência está sempre associada a genes que receberam o nome de **Cas** (do inglês CRISPR *associated*, ou proteínas associadas ao CRISPR, em português). Esses genes, entre eles o chamado **Cas9**, codificam endonucleases Cas – enzimas que quebram a dupla cadeia do DNA em pontos específicos, daí serem classificadas entre as "tesouras moleculares". Os estudos que se seguiram verificaram que esses trechos do DNA bacteriano são, na verdade, trechos do DNA de vírus bacteriófagos que infectaram a bactéria. Eles funcionam como um sistema de defesa da bactéria contra um novo ataque daquele vírus. Assim, se a bactéria for infectada novamente pelo mesmo vírus, o sistema CRISPR-Cas9 é ativado e o material genético do vírus invasor é destruído. Sabe-se hoje que o sistema CRISPR ocorre em cerca de metade das bactérias pesquisadas e em quase todas as arqueas.

No processo de ativação, uma pequena molécula de RNA é transcrita com base no CRISPR e se liga à endonuclease Cas9. O RNA transcrito atua como guia (RNA-guia), pois apresenta uma sequência complementar ao DNA viral (DNA-alvo). Quando essas partes complementares se emparelham (DNA-RNA), a enzima Cas9 corta as duas fitas do DNA-alvo nesse local, inativando o DNA viral (**Fig. 2.7 A**).

Em 2013, verificou-se que esse sistema poderia ser empregado em células eucarióticas, editando genes. Esse sistema é produzido para localizar e agir em locais específicos do DNA. O RNA-guia é projetado para reconhecer a sequência a ser modificada no DNA eucariótico. A enzima Cas9 separa e quebra a dupla-hélice e isso ativa o sistema de reparo do DNA que existe naturalmente nas células. O conhecimento das características dessas vias de reparo permitiu empregá-las para gerar, no local dos cortes, inativação de genes (nocautes genéticos), deleção de trechos do DNA que causam doenças e substituição por trechos normais, inserção de genes de outras espécies e muitas outras possibilidades. Assim o DNA pode ser editado (**Fig. 2.7 B**).



Fonte: HUDSON ALPHA. *Genome Editing and CRISPR*. Disponível em: <https://hudsonalpha.org/genome-editing-and-crispr/>. Acesso em: 2 set. 2020.

Figura 2.7 Representação esquemática do funcionamento do sistema CRISPR-Cas9 **(A)** e exemplos de ações possíveis do uso do sistema de reparo para modificações de interesse no DNA: nocaute genético e edição do gene **(B)**. O asterisco indica uma alteração na sequência de nucleotídeos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

A partir de então, a técnica tem se difundido muito. O sistema CRISPR-Cas9 está comercialmente disponível para milhares de alvos moleculares, possibilitando aos cientistas editar trechos de interesse no DNA de modo mais eficiente, rápido e com custo mais baixo do que as técnicas anteriores. A utilização dessa ferramenta tem permitido editar genomas de animais, plantas, fungos, bactérias e outros organismos de interesse. Tem sido empregada em mapeamento genômico, correções de doenças genéticas, edição de genomas de embriões e de células-tronco, inativação de genes causadores de câncer e doenças cardiovasculares, criação de organismos transgênicos, introdução de genes em insetos causadores de doenças para atuar no controle da população dessas pragas, aumento da imunidade viral de bactérias utilizadas na produção de queijos e iogurtes, produção de biocombustíveis, desenvolvimento de medicamentos e de vacinas e em uma infinidade de outros processos moleculares.

Em função do grande potencial da técnica e em especial de seu uso na edição de genomas humanos, há ampla discussão ética a respeito desse tema, havendo restrições ao uso da técnica no caso de embriões humanos. No Brasil, a Lei Federal Brasileira de Biossegurança (Lei nº 11.105/05) proíbe a Engenharia Genética em embriões humanos.

Fique por dentro

Ferramenta para editar o DNA

GUIMARÃES, M. Revista *Pesquisa Fapesp*, 240. ed., fev. 2016.

O texto traz informações e relatos de pesquisadores de diferentes universidades brasileiras e estrangeiras sobre os estudos que envolvem o sistema CRISPR-Cas9 na edição do DNA de diferentes organismos.

Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/uma-ferramenta-para-editar-o-dna/>.

Acesso em: 2 set. 2020.

Terapia e vacina gênica

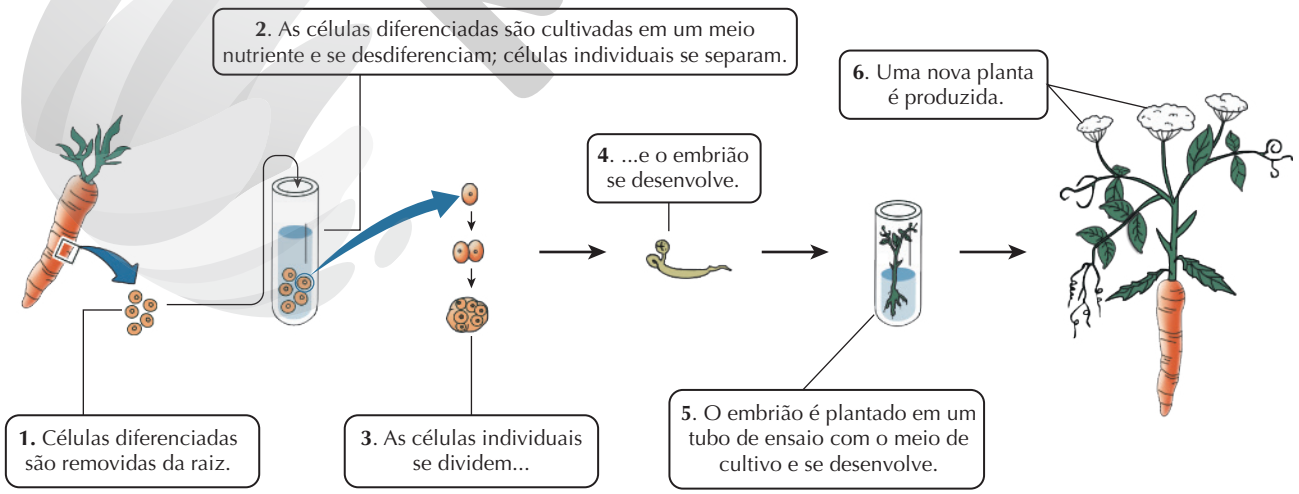
Terapia gênica refere-se a técnicas que visam substituir o alelo que causa uma doença genética pelo alelo funcional.

Os estudos de terapia gênica estão, até o momento, em fase experimental. As principais doenças que têm sido alvo da terapia gênica são causadas por apenas um gene, como ocorre com a fibrose cística, imunodeficiência humana (ADA), talassemia, anemia falciforme, hemofilia A, fenilcetonúria, hipercolesterolemia e distrofia muscular.

As **vacinas gênicas** são produzidas a partir de genes ou fragmentos de genes que codificam antígenos potencialmente capazes de estimular o sistema imunitário. Algumas das vacinas contra o novo coronavírus estão sendo desenvolvidas usando essa técnica, que também está sendo testada no desenvolvimento de vacinas contra o zika vírus. Elas têm como vantagem o fato de serem mais simples de sintetizar em laboratório.

Clonagem de plantas e de animais

Nas plantas, além das células germinativas, há células adultas presentes nos tecidos do corpo que são, em geral, **totipotentes**, ou seja, podem dar origem a todos os tipos celulares diferenciados da planta. Essa capacidade tem sido aproveitada na clonagem de plantas por meio de várias técnicas, desde as mais tradicionais, como as empregadas na reprodução vegetativa, em que ramos de plantas são usados para dar origem a novas plantas idênticas à planta-mãe, até a clonagem obtida em laboratório a partir de células isoladas e cultivadas em meios de cultura. Os primeiros experimentos desse tipo foram realizados na década de 1950 com cenoura. Cientistas isolaram e cultivaram células da raiz da cenoura e notaram que cada célula pode passar por um processo de desdiferenciação, se dividir e dar origem a uma planta completa (**Fig. 2.8**).



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Fonte: PURVES, W. *et al. Vida*: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Figura 2.8 Representação esquemática do experimento realizado na década de 1950 indicando que, de cada célula adulta isolada da raiz de cenoura, pode surgir uma planta completa. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

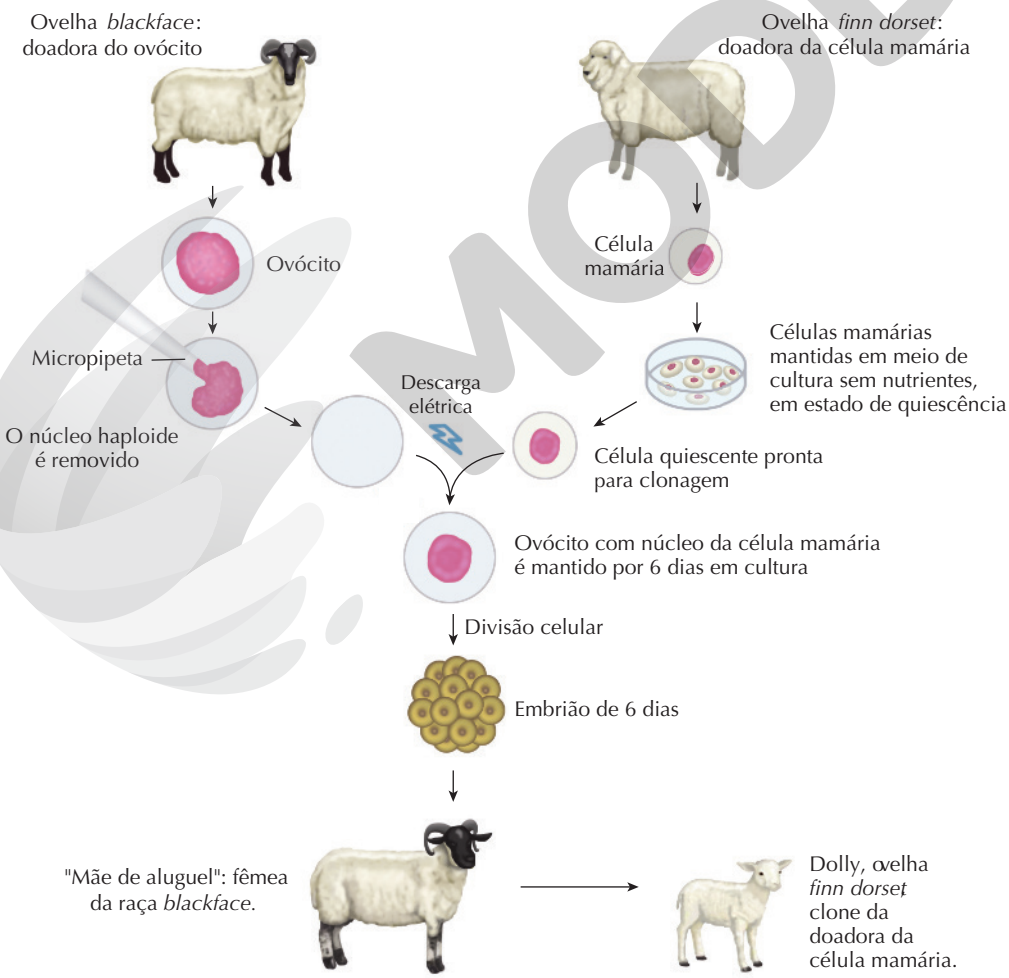
No caso dos animais vertebrados, os primeiros estudos de clonagem iniciaram-se na decada de 1950 usando células embrionárias de sapos. Nos anfíbios e em outros vertebrados, células totipotentes ocorrem apenas nos estágios iniciais do desenvolvimento embrionário. Elas são chamadas **células-tronco embrionárias**. Os pesquisadores retiraram o núcleo dessas células e os transferiram para ovócitos enucleados. Esses ovócitos manipulados foram cultivados e deram origem a girinos clones do animal que doou o núcleo.

Os estudos com mamíferos vieram mais tarde. O primeiro clone de um mamífero foi a ovelha Dolly, que nasceu em 1996. Nesse caso, uma **célula receptora**, o ovócito retirado do ovário de uma ovelha da raça *blackface*, teve seu material genético removido por micromanipulação com auxílio de uma micropipeta. Uma célula diploide retirada da glândula mamária de uma ovelha adulta da raça *finn dorset* foi mantida em estado de quiescência, ou seja, em baixa atividade. Nesse estado, a célula não se divide, e todos os seus genes ficam em condições de serem ativados. Essa célula foi fundida ao ovócito desprovido de material genético nuclear, por meio de descarga elétrica. O ovócito, agora com o núcleo recebido da célula somática, foi mantido em cultura por seis dias e estimulado a iniciar o desenvolvimento embrionário. Em seguida, o embrião com poucas células foi introduzido no útero de uma "mãe de aluguel", nascendo a Dolly após o período de gestação (**Fig. 2.9**).

O processo de clonagem não é tão simples quanto parece. No caso descrito, foram produzidos 277 embriões até que um deles, a Dolly, nascesse. Mesmo assim, Dolly apresentou sinais de envelhecimento precoce e artrite, tendo sido sacrificada em 2003 em função de complicações de saúde, aos 7 anos de idade. Ela deixou um filhote normal.

No Brasil, o primeiro animal clonado foi a bezerra Vitória, da raça simental, que nasceu em 2001, no Campo Experimental Sucupira, instalação da Embrapa situada na região Centro-Oeste. Vitória é fruto da transferência do núcleo de uma célula de embrião de cinco dias, coletado de uma vaca simental, para um ovócito enucleado retirado de uma vaca de outra raça. Na sequência, o embrião em início de desenvolvimento foi implantado em uma "mãe de aluguel". Gestação e parto ocorreram normalmente. Aos 3 anos de idade, Vitória recebeu o sêmen de um touro de sua raça e deu à luz no dia 19 de fevereiro de 2004 ao primeiro filhote, a bezerra Glória, e em 2006 nasceu o segundo filhote. Vitoria faleceu aos 10 anos de idade de pneumonia.

A possibilidade da clonagem, incluindo a humana, tem levantado intensas discussões éticas. A clonagem humana para fins reprodutivos, que é a clonagem com a finalidade de obtenção de um indivíduo, não é permitida por lei, mas a clonagem terapêutica, que é feita com a finalidade de produção de **células-tronco embrionárias** para utilização terapêutica, sim.



Fonte: MILLER, J.; LEVINE, J. *Biology*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010.

Figura 2.9 Representação esquemática mostrando o processo de clonagem pelo qual a ovelha Dolly foi gerada. (Imagens sem escalas; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODELO

As células-tronco embrionárias são capazes de gerar todos os tipos de célula de um organismo. Além delas, há células indiferenciadas nos tecidos que são chamadas **células-tronco do adulto**. Elas dão origem apenas a alguns tipos celulares relacionados aos tecidos em que ocorrem. O estudo desses dois tipos de célula tem permitido isolá-las e fazer culturas, em que são estimuladas a se diferenciar de modo que forneçam células para reparo de tecidos ou órgãos danificados. Células-tronco adultas da medula óssea, por exemplo, têm sido utilizadas como fonte de células do sistema imunitário de pessoas com esse sistema prejudicado.

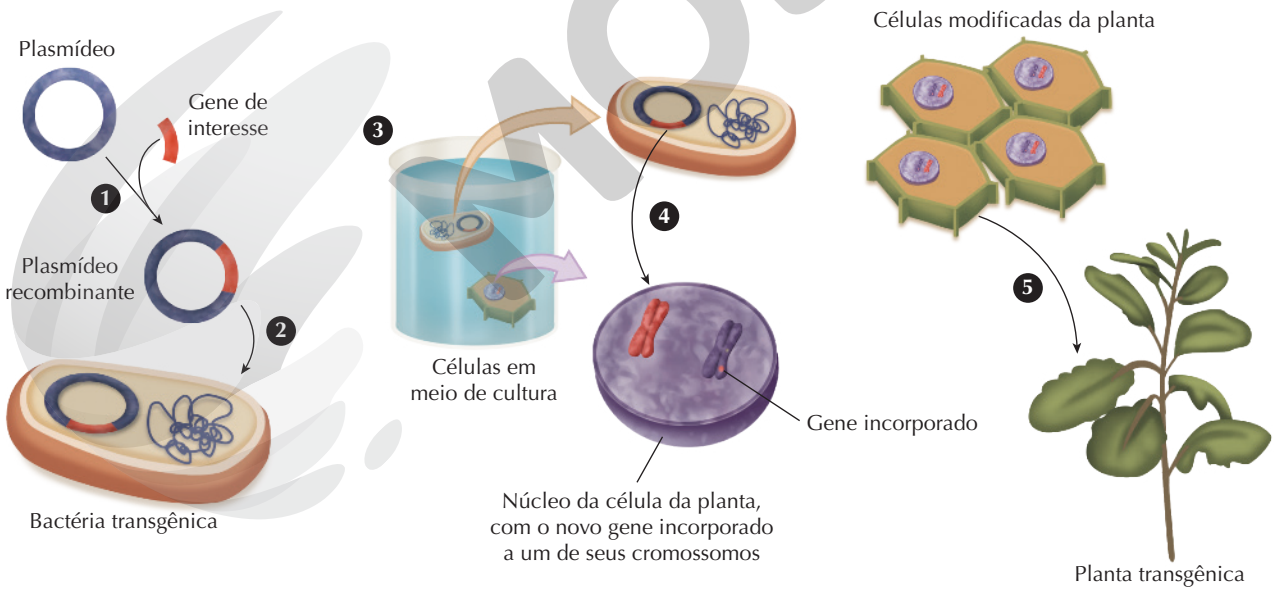
Organismos transgênicos

Os organismos transgênicos são geneticamente modificados de modo a apresentar material genético de outras espécies. Segundo a Lei Federal Brasileira de Biossegurança nº 11.105, organismo geneticamente modificado (OGM) é o organismo cujo material genético (DNA ou RNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de Engenharia Genética, entendida como qualquer atividade de produção e manipulação de moléculas de DNA ou RNA recombinante.

Em plantas essa técnica tem sido muito empregada, havendo, atualmente, um grande número de espécies transgênicas. Várias delas, como milho, algodão, tomate e outras, portam e manifestam genes de bactérias que lhes conferem resistência a insetos. Com isso, são menos predadas por esses organismos. Já se produz batata, feijão e mamão transgênicos resistentes ao ataque de vírus, bananas resistentes ao ataque de fungos e variedades de soja transgênica resistentes a herbicidas. No Brasil, essas plantas são permitidas e reguladas pela Lei de Biossegurança.

Plantas transgênicas podem ser obtidas usando a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, que infecta naturalmente células vegetais e transfere parte de seu DNA para a planta, causando tumores. Esse DNA corresponde ao plasmídeo TI (do inglês, *tumor inducing*; indutor de tumor, em português). Os cientistas aproveitam essa habilidade da *Agrobacterium tumefaciens* e alteram plasmídeos TI, removendo os genes causadores de tumores e inserindo as sequências determinadas de DNA que pretendem adicionar ao genoma da planta. Assim, ao infectar células de plantas com as bactérias modificadas, podem-se obter plantas transgênicas. Uma vez selecionadas as células que incorporaram os novos genes ao DNA, elas são cultivadas e produzem plantas inteiras transgênicas que são reproduzidas (**Fig. 2.10**).

Animais transgênicos também têm sido produzidos. Em 1977, a mesma equipe de cientistas que clonou a ovelha Dolly produziu a ovelha transgênica Polly pelo processo de clonagem, usando DNA da glândula mamária de uma ovelha adulta e o DNA de leucócitos humanos. Do DNA humano foi isolado um dos genes importantes para que a coagulação do sangue ocorra normalmente e que é ausente nos hemofílicos. Esse gene foi acrescentado ao DNA da ovelha que, assim modificado, foi introduzido em células mamárias da mesma ovelha mantidas em culturas no laboratório. Em seguida, o núcleo dessas células foi removido e introduzido em um ovócito do qual havia sido retirado o material genético. A ovelha Polly produz o fator de coagulação, que é liberado em seu leite. Assim, pessoas que não produzem esse fator poderiam obtê-lo pela alimentação.



Fonte: RAVEN, H. P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

Figura 2.10 Representação esquemática da produção de planta transgênica usando a bactéria *Agrobacterium tumefaciens*. **(1)** O gene de interesse é isolado do DNA de uma espécie de organismo e inserido no plasmídeo. **(2)** O plasmídeo é introduzido na bactéria. **(3)** As bactérias transgênicas são transferidas para meios de cultura contendo as células da planta a ser modificada. **(4)** Em meio de cultura, ocorre a passagem do plasmídeo recombinante para o DNA da célula da planta. **(5)** As células modificadas da planta são cultivadas e formam a planta transgênica. (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.

MODERNA

Além da Polly, a transferência de genes de uma espécie de organismo para outro já foi feita com sucesso em outras ovelhas, cabras e vacas visando à produção de produtos de uso medicinal por meio do leite desses animais. Por exemplo, o gene que produz o hormônio de crescimento humano foi isolado e transferido para zigotos de vacas logo após a fertilização *in vitro*. As vacas transgênicas adultas passaram a produzir o hormônio humano no leite.

Na Inglaterra, os cientistas já conseguiram criar ovelhas transgênicas que produzem leite com a proteína alfa-1-antitripsina. A ausência dessa proteína na espécie humana provoca deficiência hepática e suscetibilidade a enfisema pulmonar. O tratamento atual, bastante caro, é feito com proteína extraída do sangue de pessoas sem essa doença. Por meio dessas ovelhas transgênicas, tem sido possível obter essa proteína a um custo bem menor.

Proteoma

Como sabemos, os genes são transcritos em moléculas de RNA que são traduzidas em proteínas. Nesses processos, muitas modificações ocorrem: os íntrons são removidos do RNAm, o RNAm passa por *splicing* alternativo, e as proteínas, após a tradução, passam por modificações chamadas pós-traducionais. Além disso, nem todos os genes são transcritos em todas as células.

O estudo do genoma, portanto, não permite saber que proteínas estão expressas realmente em determinada célula em dado momento. Nesse contexto, torna-se importante o estudo em larga escala das proteínas, objetivo do projeto **Proteoma** (termo que significa conjunto de **prote**ínas expressas por um gen**oma**).

O genoma de um organismo, como o de um ser humano, é praticamente constante, independentemente de qual das diferentes células nucleadas (excetuando-se os gametas) está sendo analisada ou de variações no meio ambiente. Em contrapartida, o proteoma de um neurônio será bastante diferente do proteoma de um linfócito do mesmo indivíduo, já que as diferenças morfológicas e funcionais entre as duas células são reflexo dos genes que estão ativos e que geram proteínas distintas em cada tipo celular. Além disso, o mesmo tipo de célula pode apresentar diferentes proteomas em resposta a diferentes estímulos externos, como a ação de drogas, poluição ou mesmo estresse nervoso. O proteoma é, portanto, o resultado da expressão de um conjunto de genes e das modificações pós-traducionais das proteínas produzidas em resposta a condições ambientais definidas em dado momento.

Há atualmente mapas de proteomas disponibilizados em bancos digitais pelos pesquisadores de todo o mundo, de modo que se podem identificar mais facilmente as proteínas expressas ou não em várias situações, tais como expressão de proteínas relacionadas a efeitos de fármacos, condições patológicas e diferenciação celular.

Biologia Sintética

Uma nova área dentro da biotecnologia é a **Biologia Sintética**, considerada hoje a próxima fronteira tecnológica da humanidade. Essa área do conhecimento amplia as técnicas que criam DNA recombinante e organismos transgênicos, desenvolvendo em laboratório novas moléculas de DNA, não encontradas em organismos conhecidos.

Usando a Biologia Sintética, a equipe do cientista estadunidense John Craig Venter (1946-) anunciou, em 2010, a produção em laboratório de uma célula bacteriana sintética. Esse não é um organismo criado do "zero", como alguns podem pensar; para sua produção, os cientistas removeram o material genético de uma bactéria que já existia e introduziram nela o DNA novo, construído em laboratório e não existente na natureza. Essa bactéria viveu normalmente, mas com produtos gênicos distintos da bactéria original.

Também em 2010, pesquisadores brasileiros das universidades federais de Pernambuco e do Rio de Janeiro criaram em laboratório um vírus artificial e inativo de HIV (do inglês *Human Immuno-Deficiency Virus*, ou Vírus da Imunodeficiência Humana, em português), o que pode possibilitar o desenvolvimento de uma vacina terapêutica para pacientes portadores desse vírus.

Essa nova área desencadeia discussões éticas importantes. Se, por um lado, a Biologia Sintética poderá ser empregada, por exemplo, para enfrentar obstáculos naturais que possivelmente se tornarão graves problemas nos próximos anos, como a falta de água e a poluição, por outro, essas técnicas também podem ser usadas de forma negativa, como na criação de armas biológicas e na geração de novos organismos, que podem afetar o equilíbrio dos ecossistemas.

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

MODERNA

Atividades

Registre em seu caderno

1. (UFT-TO) Biotecnologia é a aplicação de conhecimentos da Biologia para a produção de novas técnicas, materiais e compostos de uso farmacêutico, médico, agrícola, entre outros de interesses econômicos, ecológicos e éticos. Sobre tecnologia de manipulação genética é CORRETO afirmar que:
   a) A tecnologia de DNA recombinante baseia-se na troca de pedaços de genes entre organismos de mesma espécie, formando um ser recombinante.
   b) A base da clonagem é a tecnologia de transplante de núcleo, onde o núcleo de uma célula diploide é implantada em uma célula reprodutora haploide nucleada da mesma espécie, produzindo uma cópia genética do outro indivíduo.
   c) Enzimas de restrição são especializadas em cortar fragmentos de DNA em sítios aleatórios da molécula.
   d) A tecnologia de amplificação de DNA, ou PCR (Reação em Cadeia da Polimerase), fundamenta-se na produção de muitas cópias de uma região específica do DNA (região-alvo).

2. (Fuvest-SP) Enzimas de restrição são fundamentais à Engenharia Genética porque permitem:
   a) a passagem de DNA através da membrana celular.
   b) inibir a síntese de RNA a partir de DNA.
   c) inibir a síntese de DNA a partir de RNA.
   d) cortar DNA onde ocorrem sequências específicas de bases.
   e) modificar sequências de bases do DNA.

3. Em 2008, dois cientistas estadunidenses e um japonês ganharam o Prêmio Nobel de Química, por suas pesquisas pioneiras com a proteína fluorescente GFP (proteína verde fluorescente), presente originalmente na espécie de água-viva *Aequorea victoria*. Os genes que codificam essa proteína foram implantados e expressos em diversos organismos, como camundongos, para evidenciar processos, como o crescimento de neurônios, ou mesmo a expressão de outros genes. Os organismos que expressam o gene da GFP ficam verdes e fluorescentes quando iluminados com luz ultravioleta. Considerando esse fato, é correto afirmar que esses camundongos:
   a) foram injetados com a proteína GFP e por isso ficaram verdes.
   b) apresentam RNA recombinante.
   c) tiveram seu genoma substituído pelo genoma da água-viva.
   d) são transgênicos.
   e) são clones.

4. Suponha que um laboratório tenha realizado o seguinte experimento de clonagem com sucesso: o núcleo de uma célula somática de um jumento foi transplantado para um ovócito enucleado de uma zebra e o embrião que se formou foi implantado no útero de uma égua, onde ocorreu a gestação. O clone produzido no experimento terá essencialmente características genéticas:
   a) de égua.
   b) de zebra.
   c) de jumento e de égua.
   d) de jumento.
   e) das três espécies.

5. (Unicamp) *Aedes aegypti* modificados (transgênicos) têm sido utilizados no combate à dengue. Esses mosquitos produzem uma proteína que mata seus descendentes ainda na fase de larva. Mosquitos machos modificados são soltos na natureza para procriar com fêmeas nativas, mas os filhotes resultantes desse cruzamento não sobrevivem. É possível monitorar a presença de ovos resultantes do cruzamento de machos modificados com fêmeas nativas a partir da luz fluorescente emitida pelos ovos.
   a) Descreva o princípio da técnica utilizada para produzir os mosquitos modificados.
   b) Por que os ovos resultantes do cruzamento dos machos modificados com fêmeas nativas emitem luz fluorescente? O que é preciso fazer com os ovos para saber se eles emitem luz fluorescente?

6. (Fuvest-SP) Em vez de sequenciar as bases nitrogenadas de todos os cromossomos de uma planta com um genoma muito grande, pesquisadores selecionaram partes desse genoma para sequenciar. Somente as sequências de DNA que correspondem ao conjunto dos RNA mensageiros transcritos no fruto serão estudadas.

   O DNA a ser sequenciado foi sintetizado em laboratório, tendo como molde as moléculas de RNA extraídas dos frutos.
   a) Se os cientistas fossem sequenciar todo o genoma dessa planta, haveria diferença se o material genético viesse do fruto ou da folha da planta? Justifique.
   b) No estudo das sequências que tiveram como molde RNA mensageiro, faria diferença se esse RNA mensageiro fosse extraído das folhas ou dos frutos? Justifique.

7. (UFSM-RS) Alguns grupos de pesquisa brasileiros estão investigando bactérias resistentes a íons cloreto, como *Thiobacillus prosperus*, para tentar compreender seu mecanismo de resistência no nível genético e, se possível, futuramente transferir genes relacionados com a resistência a íons cloreto para bactérias não resistentes usadas em biolixiviação (um tipo de biorremediação de efluentes), como *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Considerando as principais técnicas utilizadas atualmente em Biologia

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

MODERNA

Molecular e Engenharia Genética, a transferência de genes específicos de uma espécie de bactéria para outra deve ser feita através

a) de cruzamentos entre as duas espécies, produzindo um híbrido resistente a íons cloreto.
b) da transferência para a bactéria não resistente de um plasmídeo recombinante, que contenha o gene de interesse previamente isolado da bactéria resistente, produzindo um Organismo Geneticamente Modificado (OGM).
c) da transferência de todo o genoma da bactéria resistente para a nova bactéria, formando uma espécie nova de bactéria em que apenas o gene de interesse será ativado.
d) da simples clonagem da bactéria resistente, sem a modificação da bactéria suscetível a íons cloreto.
e) da combinação do genoma inteiro da bactéria suscetível com o genoma da bactéria resistente, formando um organismo quimérico, o que representa uma técnica muito simples em organismos sem parede celular, como as bactérias.

8. (Enem) A Embrapa possui uma linhagem de soja transgênica resistente ao herbicida IMAZAPIR. A planta está passando por testes de segurança nutricional e ambiental, processo que exige cerca de três anos. Uma linhagem de soja transgênica requer a produção inicial de 200 plantas resistentes ao herbicida e destas são selecionadas as dez mais "estáveis", com maior capacidade de gerar descendentes também resistentes. Esses descendentes são submetidos a doses de herbicida três vezes superiores às aplicadas nas lavouras convencionais. Em seguida, as cinco melhores são separadas e apenas uma delas é levada a testes de segurança. Os riscos ambientais da soja transgênica são pequenos, já que ela não tem possibilidade de cruzamento com outras plantas e o perigo de polinização cruzada com outro tipo de soja é de apenas 1%.

A soja transgênica, segundo o texto, apresenta baixo risco ambiental porque

a) a resistência ao herbicida não é estável e assim não passa para as plantas-filhas.
b) as doses de herbicida aplicadas nas plantas são 3 vezes superiores às usuais.
c) a capacidade da linhagem de cruzar com espécies selvagens é inexistente.
d) a linhagem passou por testes nutricionais e após três anos foi aprovada.
e) a linhagem obtida foi testada rigorosamente em relação a sua segurança.

9. (UEL-PR) Leia o texto a seguir.

Pesquisadores discutem ganhos e riscos da alteração do DNA humano

CRISPR (sigla em inglês para repetições palindrômicas curtas interespaçadas regularmente e agrupadas): ocorre quando uma bactéria é atacada por um vírus e sobrevive, ela guarda pequenos trechos do código genético dele para identificá-lo. Caso haja um novo ataque do vírus, a bactéria libera uma proteína chamada "Cas", que corta o DNA do invasor como uma tesoura.

Essa combinação (CRISPR para identificação e Cas para ataque) pode ser usada para cortar qualquer molécula de DNA, não só as de vírus. Pesquisadores do MIT e de Harvard perceberam isso, e tiveram a ideia de usar o método para editar DNA humano – cortando fora mutações indesejáveis e trocando por substitutos saudáveis.

A técnica é qualificada como "poderosíssima" por Oswaldo Keith Okamoto, docente do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências (IB) da USP. "Você pode modificar o genoma de uma célula, como um embrião, e colocá-la no útero de um animal, para gerar outro animal geneticamente modificado com aquela mutação ou com a correção da mutação. Isso já foi feito, por exemplo, em um roedor, gerando uma descendência com o gene corrigido", explica.

No teste, foi corrigido um gene responsável pela cegueira em ratos, mas, com a correção, vieram mais de 1,5 mil mutações acidentais em nucleotídeos únicos e 100 exclusões ou inserções de maior porte, envolvendo trechos com mais de uma letra, já que existe a possibilidade de que a técnica CRISPR/Cas acabe atacando sem querer outros trechos de DNA.

(Adaptado de: VAIANO, B. Os riscos inesperados da técnica de edição de DNA CRISPR/Cas. *Super Interessante*, 1 jun. 2017. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/os-riscos-inesperados-da-tecnica-de-edicao-de-dna-crisprcas/>; HEBMÜLLER, P. Pesquisadores discutem ganhos e riscos da alteração do DNA humano. *Jornal da USP*, 24 abr. 2015. Disponível em: <https://www5.usp.br/noticias/ciencias/pesquisadores-discutem-ganhos-e-riscos-da-alteracao-do-dna-humano/>. Acessos em: 2 set. 2020.)

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, responda aos itens a seguir.

a) Qual o aspecto positivo e o negativo do uso dessa técnica na terapia gênica?
b) Suponha que o gene envolvido na cegueira em ratos seja constituído de 1.000 pares de base (pb). Destes 1.000 pb, 200 correspondem à Adenina. Qual a quantidade de cada uma das bases nitrogenadas nesse gene? Justifique sua resposta apresentando os cálculos realizados na resolução deste item.

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.

EM ODEINA

TEMA 3

Circuitos elétricos

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6

Habilidades: EM13CNT106; EM13CNT107; EM13CNT301; EM13CNT308

MARCIN BABUL/SHUTTERSTOCK

Figura 3.1 Carro elétrico sendo recarregado em uma estação equipada com painéis solares (Suécia, 2020).

A crescente evolução tecnológica dos circuitos elétricos permite a construção de dispositivos cada vez mais elaborados. Um exemplo são os carros elétricos (**Fig. 3.1**), que provavelmente estarão mais presentes em nossas ruas. Eles têm uma mecânica muito mais simples que a de um carro com motor a combustão, porque não têm sistema de exaustão, motor de arranque, sistema de injeção de combustível, radiador e muitas outras partes de manutenção cara. Desse modo, os carros elétricos, durante seu uso, levam a praticamente zero a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa em seu local de circulação. Muitos equipamentos que possuem circuito elétrico fazem parte do nosso cotidiano e, neste Tema, veremos o seu conceito, alguns de seus elementos e como eles podem se associar.

Elementos de um circuito elétrico

Em um carro com motor elétrico, há uma bateria, que pode ser tratada como um gerador; lâmpadas, que podem ser tratadas como resistores; e um motor, que pode ser tratado como um receptor. Esses elementos, gerador, resistor e receptor, quando conectados entre si, formam um **circuito elétrico**; nesse caso, a parte elétrica do carro (**Fig. 3.2**). De maneira geral, um circuito elétrico é um conjunto de dispositivos elétricos no qual é possível estabelecer a passagem de corrente elétrica.

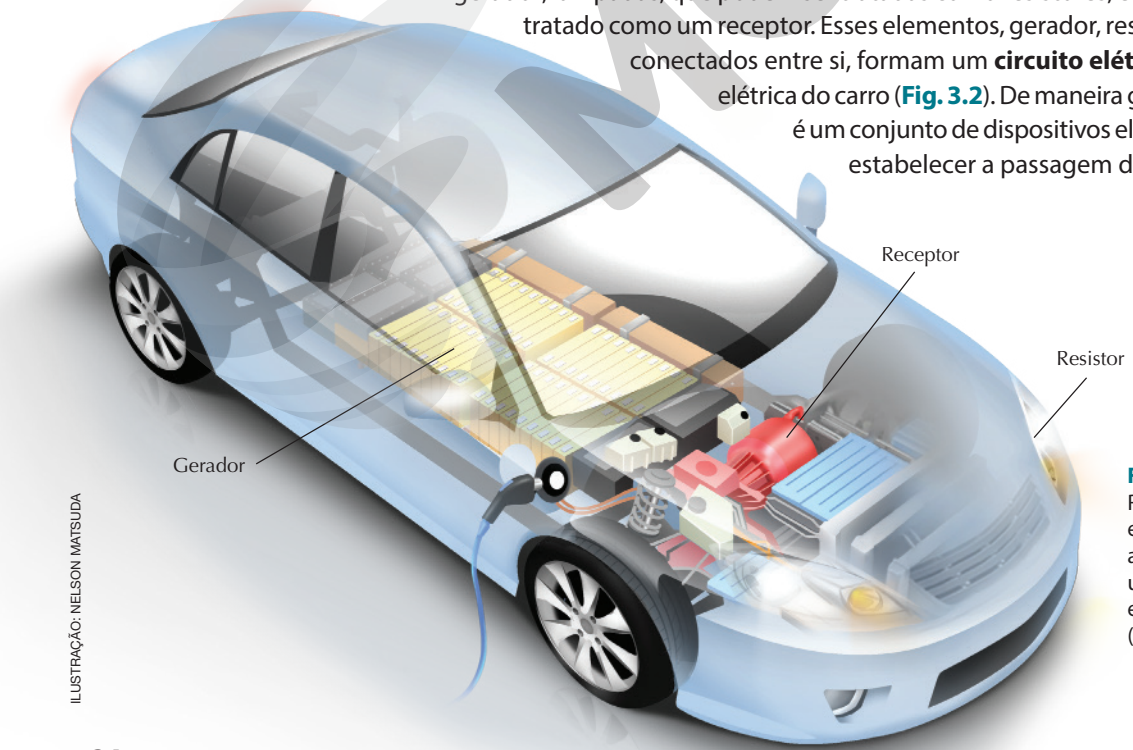


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 3.2 Representação esquemática de alguns elementos de um circuito elétrico em um carro elétrico. (Cores-fantasia.)

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

MODERNA

Na **Figura 3.3** é apresentado um exemplo mais simples de circuito elétrico em que há um elemento que fornece energia elétrica, no caso as pilhas; uma lâmpada, que se comporta como resistor; uma chave, que permite estabelecer ou cessar a corrente elétrica; e os fios condutores.

HARYGIT/SHUTTERSTOCK

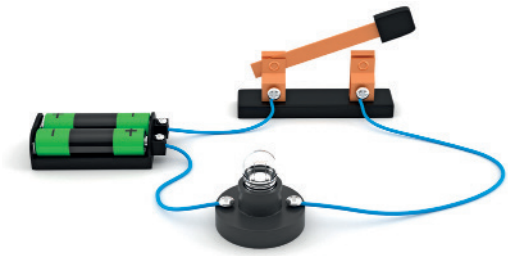


Figura 3.3 Exemplo de um circuito elétrico formado por pilhas, uma lâmpada, condutores e uma chave.

Nas próximas seções, estudaremos com mais detalhes os resistores, os geradores, as chaves e os receptores, começando pela associação de resistores.

Associação de resistores

Observe as luzes decorativas da **Figura 3.4 A**. Elas são utilizadas frequentemente em decorações natalinas (as lâmpadas pisca-pisca). A ligação entre elas é de tal forma que por todas elas passa simultaneamente a mesma corrente elétrica. Isso ocorre porque há apenas um caminho possível para a passagem da eletricidade. Agora, observe as lâmpadas no teto mostradas na **Figura 3.4 B**; todas elas estão ligadas na **tensão** da rede elétrica, ou seja, submetidas à mesma **diferença de potencial (ddp)**, popularmente chamada de voltagem.

KYLE T. PERRY/SHUTTERSTOCK

ANN YUN/SHUTTERSTOCK

Figura 3.4 (A) As luzes decorativas são um exemplo de ligação em série. **(B)** As luzes no teto estão ligadas em paralelo.

Os casos descritos são exemplos em que os circuitos elétricos possuem vários elementos, nesse caso as lâmpadas. Elas se comportam como resistores, que funcionam simultaneamente. Como os resistores estão conectados entre si, eles podem compartilhar a mesma corrente ou ser submetidos à mesma ddp. No primeiro caso, dizemos que estão ligados em **série**, no segundo, em **paralelo**.

Associação de resistores em série

Para associarmos resistores em série, eles devem estar conectados de modo que criem apenas um caminho possível para a passagem da corrente elétrica. Toda corrente que passar por um deles passará pelos outros.

Observe na **Figura 3.5** como se representam os resistores. Note que a intensidade da corrente elétrica (i) é a mesma nos três resistores, enquanto a ddp (U) é diferente em cada resistor. Portanto, as intensidades das correntes que atravessam os resistores são iguais; logo:

$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

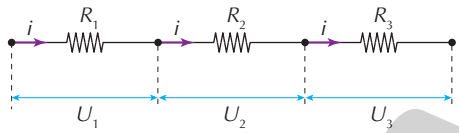


Figura 3.5 Representação esquemática de resistores associados em série; a intensidade da corrente é a mesma em todos os resistores.

Assim, na **associação em série**, a **mesma corrente** passa por todos os resistores.

De todas as aplicações possíveis para a associação de resistores em série, a mais utilizada em aparelhos elétricos e eletrônicos é o **divisor de tensão**. Imagine que temos uma ddp total U e queremos utilizar só uma parte dela. Como fazer isso na prática? Uma maneira é dividindo U em duas ou mais partes, por exemplo, U_1, U_2, ..., U_n. Com uma associação em série isso é imediato. A ddp é a razão entre a energia dissipada e a carga que atravessa o circuito. No mesmo intervalo de tempo, a mesma carga atravessa todos os resistores em série. Logo, a energia total dissipada será a soma das energias dissipadas em cada resistor. Portanto, a ddp total é equivalente à soma das ddps (**Fig. 3.6**).

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

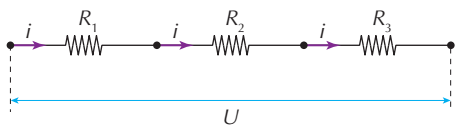


Figura 3.6 Representação esquemática de resistores associados em série; a ddp total (U) é a soma das ddps nos resistores.

Resistência equivalente de uma associação de resistores em série

A **resistência equivalente** é o valor da resistência de um único resistor, hipotético, que equivaleria ao conjunto de resistores da associação inteira. (**Fig. 3.7**).

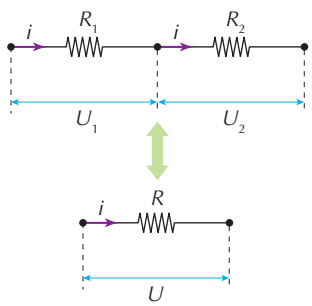


Figura 3.7 Representação esquemática de dois resistores associados em série e do resistor equivalente.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Na associação em série, sabemos que a ddp total é a soma das ddps nos resistores. Então:

$U = U_1 + U_2$

Pela lei de Ohm, substituindo $U = R \cdot i$, temos:

$R \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i \Rightarrow R \cdot \cancel{i} = R_1 \cdot \cancel{i} + R_2 \cdot \cancel{i}$

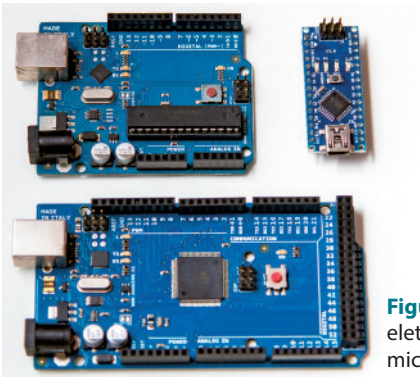
$\therefore R = R_1 + R_2$

Se houver n resistores associados:

$R = R_1 + R_2 + ... + R_n$

Portanto, associar resistores em série torna a resistência equivalente sempre **maior** do que o resistor de maior resistência da associação.

Uma aplicação interessante de associação em série pode ser vista nas plataformas eletrônicas com microcontroladores (**Fig. 3.8**). Com a sua popularização, diversos projetos eletrônicos, que há alguns anos eram de complexa execução, hoje são construídos com facilidade.



ALEXCOFV/SHUTTERSTOCK

Figura 3.8 Plataformas eletrônicas com microcontroladores.

Vejamos um exemplo no qual uma dessas plataformas opera com uma ddp de 5 V e possui um pino de referência *P*. Considere que a corrente que passa pelo pino *P* seja desprezível. Se tivermos um resistor com resistência R_1 igual a 200 Ω posicionado conforme mostra a **Figura 3.9**, qual deve ser o valor da resistência R_2 para que o pino *P* fique submetido a uma ddp de 2 V? E qual seria a resistência equivalente da associação em série entre R_1 e R_2?

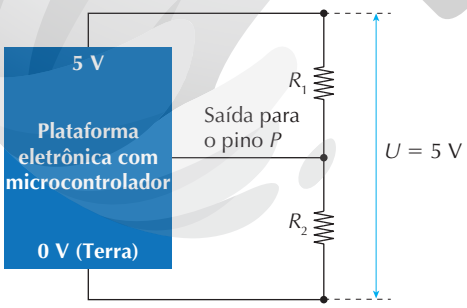


Figura 3.9 Representação esquemática da plataforma e dos resistores.

Primeiramente, vamos calcular a intensidade da corrente aplicando a lei de Ohm no resistor R_1:

$U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow 2\ V = 200\ \Omega \cdot i \therefore i = 0{,}01\ A$

Para a associação de resistores R_1 e R_2, a ddp total é a soma das ddps. Portanto, o valor da resistência R_2 pode ser calculado como:

$U = U_1 + U_2 + \Rightarrow 5V = 2V + R_2 \cdot 0{,}01A$

$\therefore R_2 = 300\ V\ A^{-1}$

Como $1\ V\ A^{-1} = 1\ \Omega$, temos:

$R_2 = 300\ \Omega$

Para calcularmos a resistência equivalente (*R*), devemos considerar que, em uma associação de resistores em série, a resistência equivalente é a soma das resistências; logo:

$R = R_1 + R_2 \Rightarrow R = 200\ \Omega + 300\ \Omega \therefore R = 500\ \Omega$

É interessante notar que um resistor equivalente de 500 Ω entre *A* e *B* permitiria a mesma passagem de corrente elétrica que os dois resistores R_1 e R_2 que estão em série, mas não seria possível submeter o pino *P* a uma ddp de 2 V.

Associação de resistores em paralelo

Provavelmente você já deve ter visto algum carro com uma das lâmpadas dos faróis, que podem ser consideradas resistências, queimada (**Fig. 3.10**). Isso ocorre porque as lâmpadas estão associadas em paralelo. Assim, elas ficam ligadas diretamente na bateria, de forma independente; caso uma pare de funcionar, a outra continua acesa. Se as duas lâmpadas estivessem associadas em série e uma "queimasse", as duas apagariam. Para uma **associação em paralelo**, as resistências ficam submetidas à **mesma ddp**.

JUNIOR ROZZO/ROZZO IMAGENS

Figura 3.10 Os faróis do carro estão associados em paralelo. Caso um pare de funcionar, o outro continua funcionando normalmente.

Na **Figura 3.11**, podemos observar as duas lâmpadas ligadas diretamente na bateria, submetidas à mesma ddp (*U*).

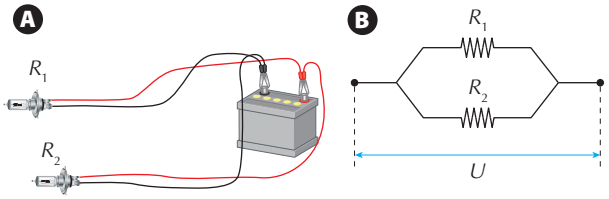


Figura 3.11 **(A)** Representação de uma bateria ligada a duas lâmpadas. **(B)** Representação esquemática das lâmpadas como resistores.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Corrente total na associação de resistores em paralelo

Observe o nó *A* na **Figura 3.12**. O nó é um ponto onde a corrente elétrica se divide.

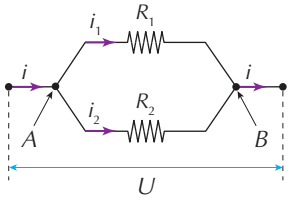


Figura 3.12 Representação esquemática de dois resistores associados em paralelo.

Em *B* chegam duas correntes, i_1 e i_2, e toda corrente que chega em um nó tem de sair por ele. Portanto, a corrente i é igual à soma das correntes i_1 e i_2.

Se houver n resistores em paralelo:

$$i = i_1 + i_2 + \cdots + i_n$$

Resistência equivalente na associação de resistores em paralelo

Voltemos ao exemplo das duas lâmpadas em paralelo nos faróis do carro. Se quiséssemos saber qual é o valor da resistência de uma terceira lâmpada, para substituir as duas, precisaríamos calcular a resistência equivalente (R) entre as duas em paralelo. Para calcular esse valor, vamos iniciar considerando que a corrente total é a soma das correntes em paralelo.

$$i = i_1 + i_2$$

Mas a corrente pode ser calculada pela razão entre a ddp (U) e a resistência (R), ou seja, $i = \frac{U}{R}$. Substituindo, temos:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

Sabemos que todas as ddps são iguais a U, pois estão em paralelo. Portanto, simplificando a expressão obtida anteriormente, temos que a resistência equivalente R pode ser obtida pela expressão:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Casos particulares de associação de resistores em paralelo

Para agilizar os cálculos de resistência equivalente na associação em paralelo, utilizamos duas expressões que podem ser obtidas com a equação da resistência equivalente em paralelo. Quando possuímos dois resistores com resistências R_1 e R_2 na associação, temos:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \therefore R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

E quando possuímos n resistores iguais com resistência r, a resistência equivalente R é dada por:

$$R = \frac{r}{n}$$

Portanto, associar resistores em paralelo torna a resistência equivalente sempre **menor** que a resistência de qualquer um dos resistores associados.

Por exemplo, em uma residência, todas as ligações elétricas são feitas em paralelo. Afinal, seria muito desconfortável ter de ligar primeiro a lâmpada da sala para depois acender a lâmpada do quarto. Como todas as lâmpadas estão submetidas à mesma ddp, dizemos que estão em paralelo. Considere uma casa com duas lâmpadas que possuem resistência de 2.200 Ω e uma lâmpada que possui resistência de 1.100 Ω ligadas em paralelo e submetidas a uma ddp $U = 110$ V, conforme mostra a **Figura 3.13**. Qual é a corrente em cada lâmpada? Qual é a resistência equivalente?

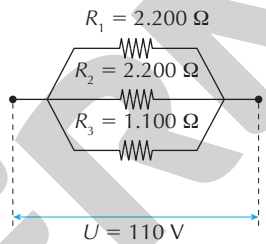


Figura 3.13 Representação esquemática da associação em paralelo.

Como as ligações são independentes, temos, para a lâmpada de 2.200 Ω:

$$i_{2.200} = \frac{U}{R} \Rightarrow i_{2.200} = \frac{110\ \text{V}}{2.200\ \Omega} \therefore i_{2.200} = 0{,}05\ \text{A}$$

Da mesma forma, na lâmpada de 1.100 Ω:

$$i_{1.100} = \frac{U}{R} \Rightarrow i_{1.100} = \frac{110\ \text{V}}{1.100\ \Omega} \therefore i_{1.100} = 0{,}1\ \text{A}$$

Podemos calcular a resistência equivalente de dois modos. No primeiro, como a corrente total é a soma das correntes, temos para a corrente total:

$$i = 0{,}05\ \text{A} + 0{,}05\ \text{A} + 0{,}1\ \text{A} \therefore i = 0{,}2\ \text{A}$$

Com a corrente total podemos calcular a resistência equivalente:

$$R = \frac{U}{i} \Rightarrow R = \frac{110\ \text{V}}{0{,}2\ \text{A}} \therefore R = 550\ \Omega$$

No segundo modo, quando temos n resistores iguais em paralelo, a resistência equivalente é o valor da resistência de um deles dividido por n. Para calcular a resistência equivalente (R') com os dois resistores iguais de 2.200 Ω, temos:

$$R' = \frac{2.200\ \Omega}{2} \therefore R' = 1.100\ \Omega$$

Esse resultado, $R' = 1.100\ \Omega$, pode ser usado para calcular a resistência equivalente final R, considerando o resistor de 1.100 Ω dividindo por 2 novamente:

$$R = \frac{1.100\ \Omega}{2} \therefore R = 550\ \Omega$$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Associação mista de resistores

Vimos que, com a associação em série, temos uma resistência equivalente maior, e a corrente percorre somente um caminho. Com a associação em paralelo, vimos que a resistência equivalente é menor, justamente por haver vários caminhos para a corrente. Por vezes precisamos unir as duas associações e, com isso, criar a chamada **associação mista**.

Um exemplo dessa associação pode ser visto na **Figura 3.14**. Ao analisarmos uma associação mista, procuramos sempre identificar primeiro as associações em série e em paralelo envolvidas. Na **Figura 3.14 A**, temos uma associação em série (destacada em azul) e outra associação em série (destacada em vermelho). Cada conjunto está associado um com o outro em paralelo. Na **Figura 3.14 B**, temos uma associação em paralelo (destacada em verde) em série com outra associação em paralelo (destacada em roxo).

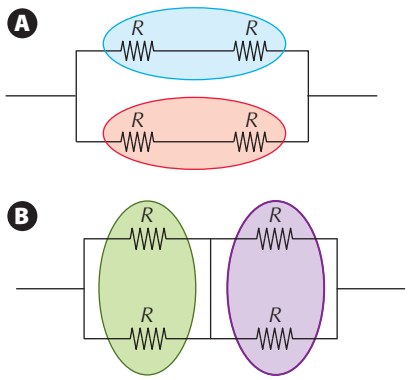


Figura 3.14 Representação esquemática de uma associação mista de resistores. Em destaque temos associação em série **(A)** e associação em paralelo **(B)**.

Vamos analisar outro exemplo. Na situação representada na **Figura 3.15**, cada uma das lâmpadas possui resistência *r*.

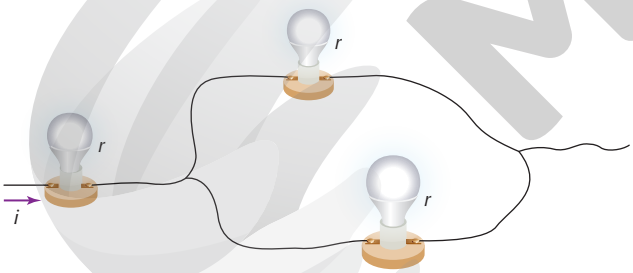


Figura 3.15 Associação de lâmpadas com resistência *r*.

Como seria a representação esquemática dessa situação usando resistores no lugar das lâmpadas? Qual seria a resistência equivalente *R* dessa associação em função de *r*?

A representação esquemática pode ser vista na **Figura 3.16**.

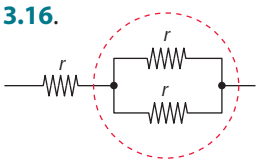


Figura 3.16 Representação esquemática da associação das lâmpadas. Os resistores dentro da linha tracejada estão associados em paralelo.

Para calcular a resistência equivalente, vamos primeiramente analisar as associações. Os dois resistores destacados pela linha tracejada vermelha possuem a mesma diferença de potencial, portanto estão em paralelo.

Uma associação em paralelo entre dois resistores possui uma resistência equivalente à metade de cada um, ou seja, $\frac{r}{2}$. Substituindo os dois resistores por apenas um, com essa resistência equivalente, obtemos a representação esquemática mostrada na **Figura 3.17**.

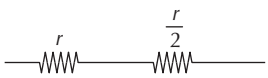


Figura 3.17 Representação esquemática simplificada da situação inicial, com dois resistores em série.

Agora, temos uma associação em série entre *r* e $\frac{r}{2}$; portanto:

$$R = r + \frac{r}{2} \therefore R = \frac{3r}{2}$$

Vamos considerar outra situação, em que três lâmpadas com resistência $r = 300\ \Omega$ estão conectadas, como mostra a **Figura 3.18**.

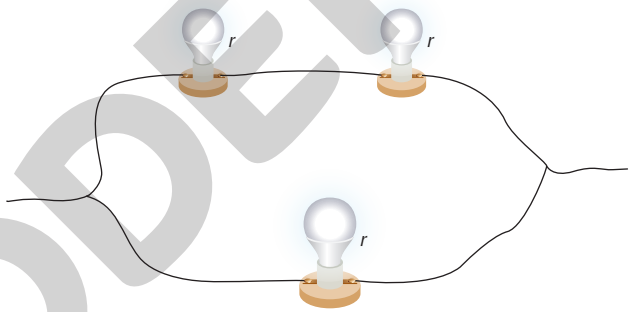


Figura 3.18 Associação de lâmpadas com resistência *r*.

Qual é a representação esquemática dessa situação, usando resistores no lugar das lâmpadas? Qual é a resistência equivalente do circuito?

A representação esquemática é mostrada na **Figura 3.19**.

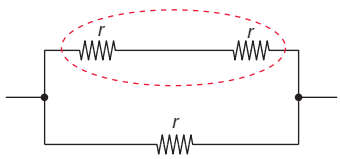


Figura 3.19 Representação esquemática da associação das lâmpadas. Os resistores dentro da linha tracejada estão associados em série.

Para calcular a resistência equivalente, vamos analisar as associações de resistores. Nesse caso, comecemos pelos resistores em série, destacados pela linha tracejada vermelha.

Entre eles, a resistência equivalente *R'* pode ser calculada como:

$$R' = r + r \Rightarrow R' = 300\ \Omega + 300\ \Omega \therefore R' = 600\ \Omega$$

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Após calcularmos a resistência equivalente R' da associação em série, podemos considerar a associação em paralelo com o outro resistor, conforme mostra a **Figura 3.20**.

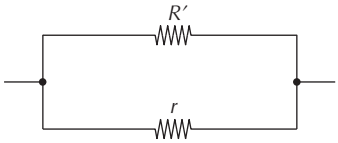


Figura 3.20 Representação esquemática simplificada da situação inicial, com dois resistores em paralelo.

Portanto, temos:

$$R = \frac{R' \cdot r}{R' + r} \Rightarrow R = \frac{600\ \Omega \cdot 300\ \Omega}{600\ \Omega + 300\ \Omega} \therefore R = 200\ \Omega$$

Instrumentos de medida em eletricidade

Um dos instrumentos mais úteis para os profissionais que trabalham com elétrica e/ou eletrônica é o **multímetro**. Com ele podemos medir tensões (em volts), correntes (em amperes) ou ainda resistências (em ohms). Dois tipos principais de multímetro são os digitais (**Fig. 3.21 A**) e os analógicos (**Fig. 3.21 B**). Muitos veem a diferença entre um e outro apenas no *display*, com ponteiros ou com números. De fato, isso ocorre, mas a principal diferença entre um equipamento analógico e um digital é: o analógico mede qualquer valor entre um intervalo; o digital mede valores discretos, ou seja, dentro de um intervalo ele fornece um número finito de valores possíveis de medida.

STOCKPHOTO-GRAF/SHUTTERSTOCK

NATEE PHOTO/ SHUTTERSTOCK

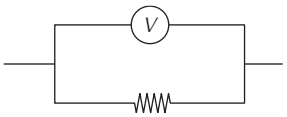
Figura 3.21 **(A)** Multímetro digital. **(B)** Multímetro analógico.

Quando o aparelho está regulado para medir tensões, ele é chamado de **voltímetro** (**Fig. 3.22 A**) e, quando regulado para medir corrente, de **amperímetro** (**Fig. 3.22 B**).

Figura 3.22 Símbolos referentes ao voltímetro **(A)** e ao amperímetro **(B)** em representações esquemáticas.

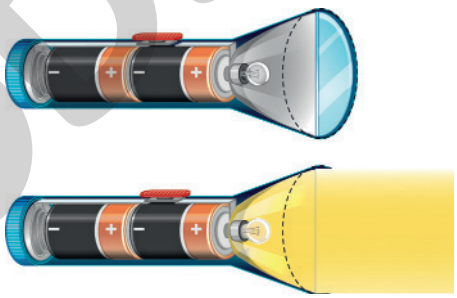
As informações na **Tabela 3.1** resumem as características desses instrumentos e são fundamentais para o uso correto de voltímetros e amperímetros.

Tabela 3.1 Características de um voltímetro e de um amperímetro

Voltímetro	Amperímetro
Mede tensão	Mede corrente
Possui alta resistência, idealmente infinita	Possui baixa resistência, idealmente nula
Deve ser ligado em paralelo 	Deve ser ligado em série

Geradores

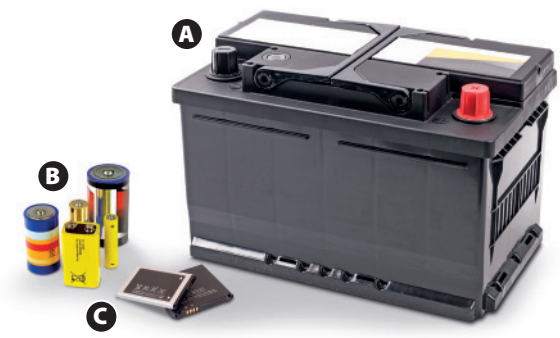
Na lanterna (**Fig. 3.23**), assim como em inúmeros equipamentos, a lâmpada transforma energia elétrica em energia térmica e luminosa. Para essa função, a lâmpada necessita de energia elétrica. Na maioria das lanternas, a energia elétrica vem das pilhas que transformam energia química em elétrica. O elemento que tem essa finalidade, de fornecer energia elétrica para um circuito, é chamado de **gerador**.



BLUERINGMEDIA/SHUTTERSTOCK

Figura 3.23 As pilhas fornecem energia elétrica para que a lâmpada da lanterna acenda.

Na **Figura 3.24** podemos ver alguns exemplos de geradores.



BATERIA DE CARRO: JR IMAGES/SHUTTERSTOCK
PILHAS: GABY KOOIJMAN/SHUTTERSTOCK
BATERIAS DE CELULAR: ART789/SHUTTERSTOCK

Figura 3.24 **(A)** Bateria de carro, **(B)** pilhas e baterias alcalinas e **(C)** baterias de telefone celular.

Uma bateria que possui uma inscrição de 9 V, por exemplo, não indica necessariamente que a ddp entre seus terminais será de 9 V, mesmo quando nova. Isso ocorre porque

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

a bateria contém materiais condutores no seu interior que possuem determinada resistência interna. Logo, há dissipação de energia em seu interior. As baterias aquecem durante o uso justamente por causa dessa dissipação de energia.

A tensão máxima ou nominal do gerador é denominada **força eletromotriz** (**fem**), e a indicamos por ε. Para a bateria de 9 V usada como exemplo, temos que a força eletromotriz é igual a 9 V, o que significa que esse gerador é capaz de realizar um trabalho de 9 J para cada coulomb de carga. Já a ddp U entre os dois terminais do gerador é sempre a força eletromotriz menos a queda de potencial (ri) que ocorre dentro do gerador. Portanto:

$$U = \varepsilon - ri$$

A equação obtida exprime a ddp que um gerador real (**Fig. 3.25 A**) mantém entre os seus terminais. Se o gerador fosse ideal (**Fig. 3.25 B**), ou seja, com uma resistência interna nula, teríamos:

$$U = \varepsilon$$

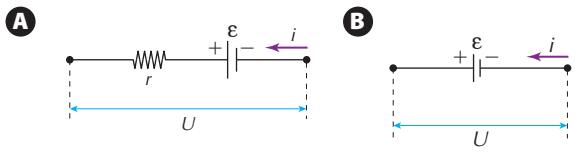


Figura 3.25 (A) Representação esquemática do símbolo de um gerador real, onde r é a sua resistência interna, e **(B)** do símbolo de um gerador ideal, com resistência interna nula.

:: Potência elétrica

Ao comprar uma lâmpada, um secador de cabelo ou algum outro eletrodoméstico, geralmente prestamos atenção em sua potência elétrica, além de em sua voltagem (para saber se é 127 V ou 220 V). Isso porque é a potência que nos dirá se o secador é mais ou menos "forte", ou seja, se esquenta mais ou menos; no caso da lâmpada, a potência define sua capacidade de iluminação. E como podemos calcular a potência elétrica? Vamos considerar, por exemplo, um circuito elétrico composto de uma lâmpada ligada a uma pilha, como mostra a **Figura 3.26**.

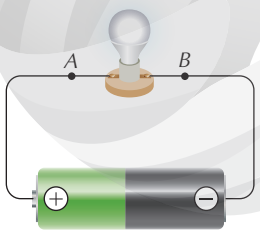


Figura 3.26 Circuito elétrico composto de uma lâmpada e uma pilha. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Entre os pontos A e B há uma ddp de 1,5 V. O valor de 1,5 V significa que a pilha fornecerá 1,5 J de energia para cada coulomb de carga que atravessará o filamento. No entanto, se ligarmos uma bateria de 9 V, a proporção será outra. A bateria fornecerá 9 J de energia para cada coulomb de carga que atravessar o filamento. Assim, a ddp (U) é a razão entre a energia (E_{el}) fornecida pela pilha ou bateria e a quantidade de carga (q) que atravessa o circuito.

$$U = \frac{E_{el}}{q} \Rightarrow E_{el} = q \cdot U$$

Essa energia elétrica (E_{el}) corresponde ao trabalho ($\mathcal{C}$) realizado pela força elétrica ao deslocar uma quantidade de carga q do ponto A para o ponto B, sob uma ddp U; logo, temos:

$$E_{el} = \mathcal{C} = q \cdot U$$

Desse modo, podemos calcular a potência elétrica, que é o trabalho realizado pela força elétrica, como:

$$P = \frac{E_{el}}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{\mathcal{C}}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{q \cdot U}{\Delta t}$$

Porém, como $i = \frac{q}{\Delta t}$, podemos definir a potência elétrica como:

$$P = U \cdot i$$

Considerando a lei de Ohm, na qual $U = R \cdot i$, temos:

$$P = U \cdot i \Rightarrow P = R \cdot i \cdot i \therefore P = R \cdot i^2$$

Ou podemos substituir $i = \frac{U}{R}$:

$$P = U \cdot i \Rightarrow P = U \cdot \frac{U}{R} \therefore P = \frac{U^2}{R}$$

Uma vez que $E_{el} = P \cdot \Delta t$, temos duas unidades importantes para a energia: Ws (watt-segundo) ou, como se usa mais frequentemente, kWh (quilowatt-hora).

Potência entregue pelo gerador

Para determinar a potência, a partir da ddp, multiplicamos a equação da ddp entre os dois terminais do gerador pela corrente e obtemos:

$$U \cdot i = \varepsilon \cdot i - ri \cdot i \Rightarrow P_{útil} = P_{total} - P_{dissipada}$$

Em que $P_{útil} = U \cdot i$, $P_{total} = \varepsilon \cdot i$ e $P_{dissipada} = r \cdot i^2$.

Observe que, como a força eletromotriz ε é sempre maior que a ddp (U) medida entre os terminais, a potência útil é sempre menor que a potência total.

O que vimos até agora pode nos ajudar a entender algumas inscrições na bateria de um celular. Caso tenha um aparelho celular ou um *smartphone*, você provavelmente tem o hábito de verificar se a bateria está carregada ou não antes de sair de casa pela manhã, por exemplo.

Pensando nisso, algumas pessoas procuram baterias que armazenem mais energia. Considere, por exemplo, que uma bateria de celular possua as inscrições 3,7 V e 7,4 Wh. Quais grandezas físicas esses valores representam? Se a autonomia do aparelho é de 14,8 h, qual é a corrente elétrica média que circula pelo aparelho? Sabendo que a resistência interna dessa bateria é de 0,5 Ω, qual é a ddp entre os terminais quando percorrida pela corrente calculada anteriormente?

A inscrição nominal de 3,7 V corresponde à força eletromotriz ε da bateria, enquanto 7,4 Wh corresponde à energia total acumulada na bateria, quando totalmente carregada.

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Para calcular a corrente elétrica média, considerando a bateria inicialmente carregada e lembrando que a potência pode ser calculada como $P = \frac{E_{el}}{\Delta t}$, temos:

$$P = \frac{E_{el}}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{7{,}4\ \text{Wh}}{14{,}8\ \text{h}} \therefore P = 0{,}5\ \text{W}$$

Utilizando a equação da potência total do gerador:

$$i = \frac{P_{total}}{\varepsilon} \Rightarrow i = \frac{0{,}5\ \text{W}}{3{,}7\ \text{V}} \therefore i = 0{,}13\ \text{A}$$

A ddp entre os terminais da bateria pode ser calculada por meio da equação do gerador, substituindo o valor de corrente calculado anteriormente.

$$U = \varepsilon - ri \Rightarrow U = 3{,}7\ \text{V} - 0{,}5\ \Omega \cdot 0{,}13\ \text{A}$$
$$\therefore U = 3{,}6\ \text{V}$$

Chaves

Chaves são elementos do circuito elétrico que têm a finalidade de deixar passar, ou não, a corrente elétrica entre dois pontos, dependendo da sua posição. A chave não permite a passagem de corrente elétrica na posição "aberta" e permite livremente a passagem quando está na posição "fechada". Nesse caso, a corrente passa sem impedimento, então a chave funciona como um elemento sem resistência elétrica alguma. Os interruptores são um exemplo de chave.

No circuito mostrado na **Figura 3.27 A**, duas lâmpadas de resistência *R* são alimentadas por uma pilha, e uma chave (*Ch*) está ligada em paralelo a uma das lâmpadas. Ao ligarmos a chave, dizemos que a lâmpada que desliga entra em **curto-circuito**, pois a corrente é desviada para o fio condutor conforme mostra a **Figura 3.27 B**. Aqui, não devemos confundir a palavra curto-circuito com o seu uso popular, geralmente associado a incêndios e acidentes elétricos. Em eletricidade, um curto-circuito é apenas uma ligação direta entre dois pontos sem resistência. Assim, o elemento que está em curto-circuito apenas deixa de funcionar.

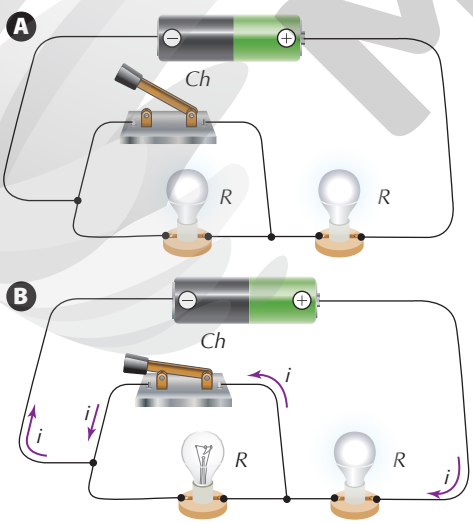


Figura 3.27 **(A)** Representação esquemática do circuito elétrico composto de uma pilha, duas lâmpadas e uma chave. **(B)** Ao ligarmos a chave, a lâmpada no circuito elétrico entra em curto-circuito. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

E qual seria a representação esquemática do circuito mostrado na **Figura 3.27 A**? A representação esquemática pode ser vista na **Figura 3.28**.

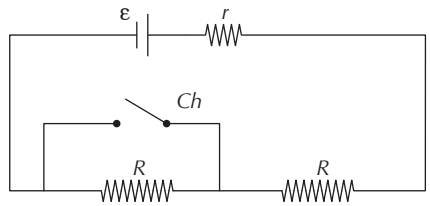


Figura 3.28 Representação esquemática do circuito.

Receptores

Os patinetes com motor elétrico (**Fig. 3.29**) estão se tornando, em várias cidades do mundo e inclusive do Brasil, uma opção alternativa de transporte. Atualmente, em alguns locais, eles podem ser alugados facilmente via aplicativo de celular. Assim como outros dispositivos que se tornam cada vez mais comuns na nossa vida, o usuário do patinete elétrico depende da autonomia do seu gerador, no caso, da bateria.

FREDERIC REGLAIN/ALAMY/FOTOARENA

Figura 3.29 Patinetes com motor elétrico em frente ao Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro (2020).

O patinete possui um motor elétrico que tem a função de transformar energia elétrica em energia mecânica. Todo elemento que possui essa finalidade, de transformar energia elétrica em energia não elétrica, que não seja energia térmica, é chamado de **receptor**. Uma bateria, quando recarregando, também é um bom exemplo de receptor elétrico. A bateria do aparelho celular é um gerador quando está fornecendo energia elétrica para o aparelho, mas, quando ligada na rede elétrica para ser recarregada, está recebendo energia; portanto, funciona como um receptor.

Força contraeletromotriz do receptor

Assim como no gerador, no receptor temos uma razão semelhante entre uma energia fornecida e a carga que passa por ele. A razão entre a energia transformada pelo

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

receptor (se for um motor será energia mecânica) e a carga é chamada de **força contraeletromotriz** (**fcem**), e a indicamos por ε'. Como toda razão entre energia e carga, ela é medida em volts (V).

Também podemos entender o conceito de força contraeletromotriz da seguinte forma: o receptor é submetido a uma ddp U, e uma parte dela é utilizada para fazer a máquina funcionar; por exemplo, se for um motor, para fazê-lo girar. Essa parte da ddp que faz o motor girar é a força contraeletromotriz.

Mas, se aplicamos, por exemplo, 120 V em um liquidificador, por que não utilizamos exatamente 120 V para fazer o liquidificador girar? Porque o motor é feito por bobinas que esquentam por efeito Joule. Logo, o receptor, em geral, também possui uma resistência interna (r').

O símbolo do receptor (**Fig. 3.30**) é semelhante ao símbolo do gerador. A diferença é que a corrente entra pelo polo positivo no receptor.

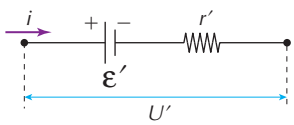


Figura 3.30 Representação esquemática do símbolo de um receptor.

Como a ddp U à qual o receptor está submetido é a razão entre a energia fornecida a ele e a quantidade de carga que o atravessa, essa energia sofre duas transformações: uma para o funcionamento do receptor em si (realizar trabalho no patinete, por exemplo) e outra para dissipação de energia por causa da resistência interna. Pela conservação da energia, a energia total por unidade de carga U é igual à energia transformada pelo receptor, por unidade de carga, ε', somada com a energia dissipada pela resistência interna. A energia dissipada por unidade de carga pela resistência interna equivale a $r'i$. Portanto, temos:

$$U = \varepsilon' + r'i$$

Circuito gerador-resistor-receptor

Ao utilizarmos dispositivos móveis como *tablets*, *smartphones* e *notebooks*, há uma preocupação constante com relação ao tempo de utilização da bateria do dispositivo. Para aumentar esse tempo, sem que seja necessária uma tomada ligada à rede elétrica, podemos utilizar baterias externas, que servem para recarregar a bateria do dispositivo.

Quando a bateria do dispositivo está sendo recarregada por uma bateria externa, ela está recebendo energia; logo, se comporta como um receptor. A bateria externa, que fornece energia, é o gerador. Para não danificar nenhuma das duas baterias, o circuito conta com uma resistência, em série com o gerador e com o receptor, para limitar o valor da corrente. Observe que a força eletromotriz da bateria externa tem de ser maior que a força contraeletromotriz da bateria do dispositivo, para que ela consiga fornecer energia para a bateria que está recarregando.

A corrente em um circuito formado por um gerador, um resistor e um receptor em série pode ser calculada por meio da expressão:

$$i = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r + r'}$$

Vejamos um exemplo, considerando uma situação na qual uma bateria (A) com força eletromotriz igual a $\varepsilon = 12\text{ V}$ e $r = 1\ \Omega$ de resistência interna é utilizada para carregar uma segunda bateria (B). Essa bateria B é conectada à primeira por intermédio de três resistores, conforme mostra a **Figura 3.31**.

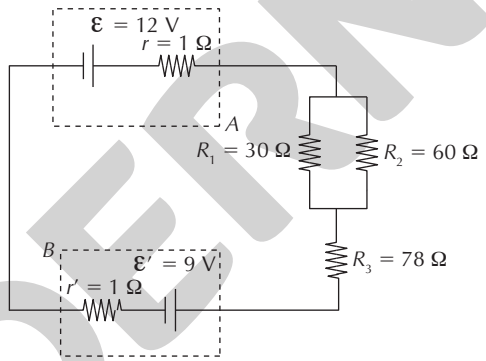


Figura 3.31 Representação esquemática do circuito elétrico para recarregar uma das baterias.

Como a bateria B está sendo recarregada, ela se comporta como um receptor. Sendo $\varepsilon' = 9\text{ V}$ a força contraeletromotriz da bateria B e $r' = 1\ \Omega$ sua resistência interna, qual é a corrente elétrica que percorre o circuito? Qual é a corrente elétrica que atravessa cada resistor?

Primeiramente, vamos calcular a resistência equivalente dos três resistores externos. A resistência equivalente R' entre os dois resistores em paralelo é:

$$R' = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R' = \frac{30\ \Omega \cdot 60\ \Omega}{30\ \Omega + 60\ \Omega} \therefore R' = 20\ \Omega$$

Essa resistência equivalente R' está associada em série com o resistor de 78 Ω; logo:

$$R = R' + R_3 \Rightarrow R = 20\ \Omega + 78\ \Omega \therefore R = 98\ \Omega$$

Substituindo esse valor na equação da corrente no circuito gerador-resistor-receptor, a corrente elétrica que percorre o circuito é:

$$i = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r + r'} \Rightarrow i = \frac{12\text{ V} - 9\text{ V}}{98\ \Omega + 1\ \Omega + 1\ \Omega}$$

$$\therefore i = 0{,}03\text{ A}$$

No resistor de 78 Ω passa a corrente elétrica total, pois ele está em série com o gerador; portanto:

$$i_{78\,\Omega} = 0{,}03\text{ A}$$

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Para os resistores de 60 Ω e 30 Ω, associados em paralelo, vamos primeiramente calcular a tensão a que estão submetidos.

$U = R' \cdot i \Rightarrow U = 20\,\Omega \cdot 0{,}03\ \text{A} \therefore U = 0{,}6\ \text{V}$

Como em uma associação em paralelo a tensão é a mesma para todos os resistores, temos:

$$i_{30\,\Omega} = \frac{U}{R_1} \Rightarrow i_{30\,\Omega} = \frac{0{,}6\ \text{V}}{30\,\Omega} \therefore i_{30\,\Omega} = 0{,}02\ \text{A}$$

$$i_{60\,\Omega} = \frac{U}{R_2} \Rightarrow i_{60\,\Omega} = \frac{0{,}6\ \text{V}}{60\,\Omega} \therefore i_{60\,\Omega} = 0{,}01\ \text{A}$$

Observe que a soma das correntes que passam pelos dois resistores em paralelo é igual à corrente total.

Fique por dentro

Kit para montar circuito DC – Lab Virtual

Com esse simulador, é possível construir circuitos elétricos usando baterias, resistores, lâmpadas e interruptores além de medições usando um amperímetro ou um voltímetro.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>.

Acesso em: 24 ago. 2020.

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Uece) A Agência Nacional de Energia Elétrica anunciou bandeira vermelha 2 para as contas de luz de junho deste ano, o que significa um adicional de R$ 5,00 para cada 100 kWh consumido. Considerando que uma certa indústria utilizou um resistor para aquecimento, cuja potência é 50 kW, por 4 horas durante esse mês, o adicional na conta associado a este consumo foi, em R$,

a) 50
b) 10
c) 200
d) 4

2. (UEG-GO) Quatro estudantes recém-aprovados no vestibular se mudam para um apartamento antigo, cuja tensão elétrica é de 110 V. Em sua primeira semana de aula resolvem fazer um lanche com os colegas e ligam ao mesmo tempo três aparelhos elétricos: uma torradeira de 770 W, uma cafeteira de 660 W e um forno elétrico de 1.320 W. Porém, ao ligarem todos os aparelhos juntos, o fusível de proteção do apartamento queimou, pois eles não sabiam que a corrente elétrica máxima suportada pelo fusível era de 20 A. Qual é o percentual de corrente a mais que fez o fusível queimar?

a) 30%
b) 25%
c) 20%
d) 15%
e) 10%

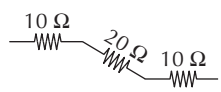
3. (PUC-Campinas) Hoje, ninguém consegue imaginar uma residência sem eletrodomésticos (aparelho de TV, aparelho de som, geladeira, máquina de lavar roupa, máquina de lavar louça, etc.). Uma enceradeira possui força contraeletromotriz de 100 V. Quando ligada a uma tomada de 120 V ela dissipa uma potência total de 40 W. Nestas condições, a resistência interna da enceradeira, em ohms, vale:

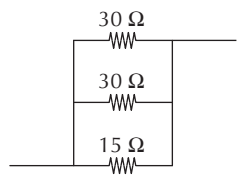
a) 2,0
b) 3,0
c) 5,0
d) 10
e) 20

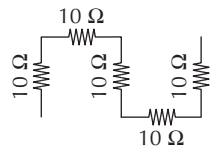
4. (EBMSP-BA) Unidades hospitalares utilizam geradores elétricos para se prevenir de interrupções no fornecimento de energia elétrica. Considerando-se um gerador elétrico de força eletromotriz 120,0 V e resistência interna 4,0 Ω que gera potência elétrica de 1.200,0 W quando ligado a um circuito externo, é correto afirmar, com base nessas informações e nos conhecimentos de eletricidade, que

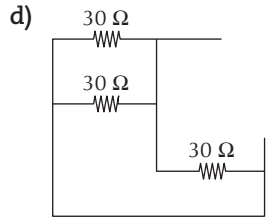
a) o gerador elétrico transforma energia elétrica em outras formas de energia.
b) a diferença de potencial elétrico entre os terminais do gerador é igual a 110,0 V.
c) a intensidade da corrente elétrica que circula através do gerador é igual a 8,0 A.
d) a potência dissipada em outras formas de energia no interior do gerador é igual a 512,0 W.
e) a potência elétrica que o gerador lança no circuito externo para alimentar as instalações é igual a 800,0 W.

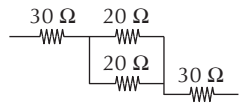
5. Calcule a resistência equivalente em cada caso:

a)


b)


c)


d)


e)


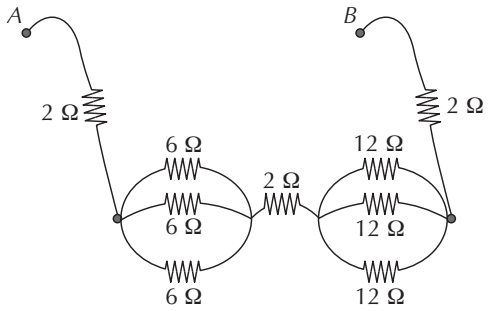
6. (UEFS-BA) Para decorar a fachada de sua ótica, o proprietário construiu uma peça com elementos resistivos que, quando percorridos por corrente elétrica, emitem luz. A peça de decoração pronta corresponde à associação de resistores entre os pontos *A* e *B*, indicada na figura.

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

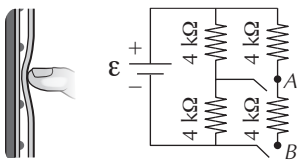
A resistência equivalente entre os pontos *A* e *B* é



a) 6 Ω.
b) 10 Ω.
c) 12 Ω.
d) 18 Ω.
e) 24 Ω.

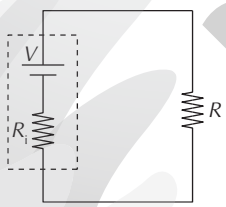
7. (Enem) Muitos *smartphones* e *tablets* não precisam mais de teclas, uma vez que todos os comandos podem ser dados ao se pressionar a própria tela. Inicialmente essa tecnologia foi proporcionada por meio das telas resistivas, formadas basicamente por duas camadas de material condutor transparente que não se encostam até que alguém as pressione, modificando a resistência total do circuito de acordo com o ponto onde ocorre o toque. A imagem é uma simplificação do circuito formado pelas placas, em que *A* e *B* representam pontos onde o circuito pode ser fechado por meio do toque.

Qual é a resistência equivalente no circuito provocada por um toque que fecha o circuito no ponto *A*?



a) 1,3 kΩ
b) 4,0 kΩ
c) 6,0 kΩ
d) 6,7 kΩ
e) 12,0 kΩ

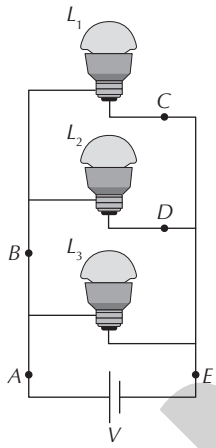
8. (Fuvest-SP) Uma bateria de tensão V e resistência interna R_i é ligada em série com um resistor de resistência R. O esquema do circuito está apresentado na figura.



A potência dissipada pelo resistor *R* é dada por

a) $\frac{V^2}{R}$
b) $\frac{V^2}{(R + R_i)}$
c) $\frac{V^2R}{(R + R_i)^2}$
d) $\frac{V^2R}{(R + R_i)}$
e) $\frac{V^2}{(R - R_i)}$

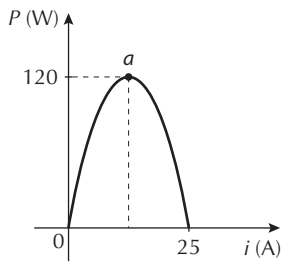
9. (Enem) Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: *A*, *B*, *C*, *D* e *E*; e rotulou essas correntes de i_A, i_B, i_C, i_D e i_E respectivamente.



O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são

a) $i_A = i_E$ e $i_C = i_D$.
b) $i_A = i_B = i_E$ e $i_C = i_D$.
c) $i_A = i_B$, apenas.
d) $i_A = i_B = i_E$, apenas.
e) $i_C = i_B$, apenas.

10. (Efomm) Beto, um advogado interessado em eletricidade, num sábado ensolarado, resolveu montar um circuito elétrico para sua guitarra. Ele associou um gerador de FEM ε e resistência interna *r* em série com um resistor *R* variável. A potência dissipada no resistor *R*, em função da corrente *i*, é dada pelo gráfico mostrado na figura abaixo, onde o ponto *a* é o vértice da parábola.



Os valores da resistência interna *r* e da força eletromotriz (FEM) do gerador são respectivamente

a) $4{,}40 \cdot 10^{-1}$ ohms, $0{,}85 \cdot 10^{-1}$ V
b) $7{,}68 \cdot 10^{-1}$ ohms, $1{,}92 \cdot 10^{1}$ V
c) $3{,}98 \cdot 10^{-1}$ ohms, $2{,}46 \cdot 10^{1}$ V
d) $8{,}80 \cdot 10^{-2}$ ohms, $2{,}20 \cdot 10^{0}$ V
e) $4{,}84 \cdot 10^{-1}$ ohms, $3{,}42 \cdot 10^{2}$ V

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.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

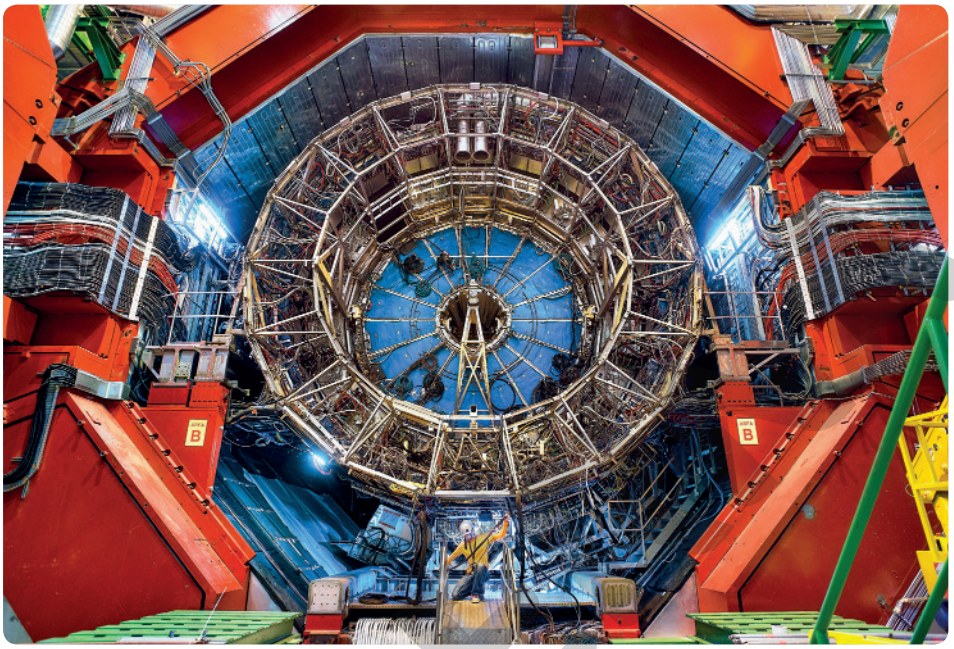
TEMA 4

Eletromagnetismo e suas aplicações tecnológicas

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 6; 7; 9

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT106; EM13CNT107; EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT307; EM13CNT308



CERN, JULIEN MARIUS ORDAN / SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA

Figura 4.1 Detector de partículas ALICE instalado no Grande Colisor de Hádrons da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (Suíça, 2019).

Neste Tema, estudaremos uma importante área da Física: o Eletromagnetismo. Várias aplicações tecnológicas se originaram dessa área. Os seus conceitos nos ajudam a entender, por exemplo, desde o funcionamento de máquinas muito simples, como um liquidificador, até o do Grande Colisor de Hádrons (muito conhecido pelo acrônimo LHC, do inglês: ***L**arge **H**adron **C**olider*), da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (conhecida pelo acrônimo CERN, do francês: ***C**onseil **E**uropéen pour la **R**echerche **N**ucléaire*). Esse acelerador é considerado a maior máquina já construída pelo ser humano. Compondo o LHC, a 175 m abaixo da superfície, há um tubo a vácuo formando uma circunferência com 27 km de extensão. Dentro desse tubo, prótons são acelerados e atingem velocidades muito próximas à velocidade da luz. Da energia gerada pela colisão desses prótons, partículas são criadas, e algumas delas não existem normalmente no Universo. Ao estudar essas partículas e suas interações, é possível analisar a estrutura do núcleo atômico, o que ajuda na compreensão da formação e da evolução do Universo. Na **Figura 4.1**, podemos ver um dos detectores de partículas instalado no acelerador.

:: Campo magnético

Vamos iniciar nosso estudo pelo conceito de campo. Utilizamos esse conceito para descrever e explicar desde a queda dos corpos, por meio do campo gravitacional, até fenômenos mais complexos, como um relâmpago, por meio do campo elétrico. O campo gravitacional é sempre gerado ao redor da matéria, e o percebemos quando a matéria que o gera é muito grande, como no caso de estrelas, planetas e outros grandes corpos. Já o campo elétrico é criado ao redor de cargas elétricas.

É muito interessante perceber que fenômenos aparentemente muito distintos carregam entre si causas comuns, por exemplo, um relâmpago e o acender de uma lâmpada; os dois estão relacionados com o campo elétrico.

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

No caso do magnetismo, a percepção do efeito do campo ocorre, por exemplo, ao aproximarmos uma bússola de um ímã e vermos a sua agulha se mover. Nesse espaço ao redor de um ímã se estabelece uma região de atuação magnética chamada **campo magnético**.

Experimento de Oersted

O campo magnético é um conceito que utilizamos na descrição e explicação de diversos fenômenos e máquinas, desde o geomagnetismo, ramo da Geofísica que estuda o campo magnético criado pela Terra, até uma máquina de ressonância magnética, utilizada para criar imagens do interior do corpo humano com altíssima resolução. Assim como estabelecemos que o campo gravitacional é criado pela matéria e o campo elétrico é criado por cargas elétricas, sabemos hoje que o campo magnético também tem um agente gerador.

Há cerca de duzentos anos, o magnetismo e a eletricidade eram considerados fenômenos distintos. Na prática, entendia-se que a eletricidade era criada por pilhas e máquinas elétricas e o magnetismo, por ímãs. Em 1819, o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), por meio de um experimento, observou que a corrente elétrica que passava por um fio modificava a posição de uma agulha magnetizada quando próxima do fio. Primeiro, sem corrente elétrica no circuito, ele posicionou uma bússola de forma que a sua agulha ficasse paralela com o fio condutor (**Fig. 4.2 A**). Ao estabelecer a passagem de corrente elétrica, ele observou que a posição da agulha se modificava (**Fig. 4.2 B**), indicando que ao redor da corrente elétrica é criado um campo magnético. Com isso, estabeleceu que, assim como os ímãs, as correntes elétricas também criam um campo magnético ao seu redor.

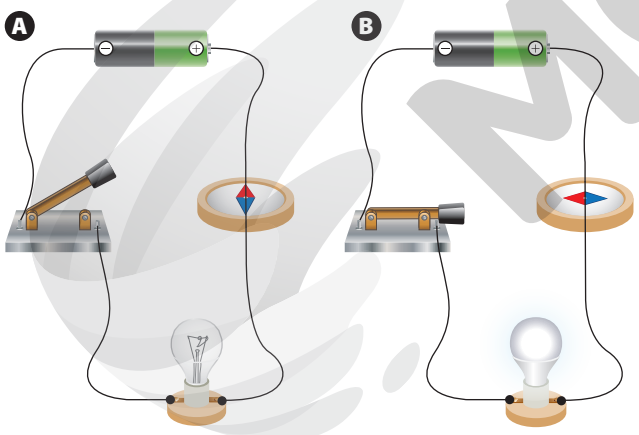


Figura 4.2 Representação esquemática do circuito usado no experimento de Oersted. **(A)** A agulha da bússola é posicionada de forma paralela ao fio condutor do circuito; nessa situação não há corrente elétrica. **(B)** Ao estabelecer uma corrente elétrica, a posição da agulha é alterada, indicando que ao redor da corrente elétrica é criado um campo magnético. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

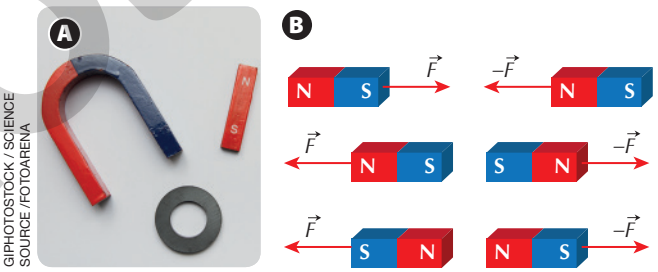
Com esse experimento, Oersted descobriu não apenas que a corrente elétrica é uma fonte de campo magnético, mas trouxe a percepção de que a eletricidade e o magnetismo são relacionados, ou seja, não são fenômenos totalmente independentes. Daí cunhou-se o termo **eletromagnetismo**.

Ímãs

Na natureza, podemos encontrar alguns materiais que são atraídos por fontes de campo magnético. Esses materiais recebem o nome de **ferromagnéticos** e são geralmente compostos de ferro, níquel ou cobalto. Os **ímãs** são corpos que atraem materiais ferromagnéticos por meio do campo magnético a sua volta. Eles podem ser permanentes ou temporários.

- **Ímãs permanentes** podem ser formados ao aplicar um campo magnético por um determinado tempo em um material ferromagnético, processo conhecido como imantação. Ao retirar o campo magnético original, ele passa a criar, por si só, um campo magnético ao seu redor.
- **Ímãs temporários** são materiais que deixam de possuir campo magnético quando cessa uma corrente elétrica. Uma interessante aplicação dos ímãs temporários são os chamados eletroímãs, que podem, diferentemente de um ímã comum, ser ligados ou desligados, além de ter a intensidade do seu campo magnético atrelada à corrente elétrica.

Os ímãs podem ter diferentes formatos e sempre possuem dois polos (**Fig. 4.3 A**), sendo impossível separar e isolar o polo de um ímã. Por convenção, os polos de um ímã são denominados norte (N) e sul (S), e polos iguais, ou seja, norte e norte ou sul e sul, se repelem, enquanto polos diferentes, norte e sul, se atraem, como mostra a **Figura 4.3 B**.



GIPHOTOSTOCK / SCIENCE SOURCE / FOTOARENA

Figura 4.3 **(A)** Ímãs de diferentes formatos, como ferradura, barra e disco. **(B)** Representação esquemática da atração e repulsão entre ímãs.

Podemos encontrar no comércio diversos tipos de ímãs, mas os mais comuns são o de ferrite e o de neodímio. Atualmente, os ímãs de neodímio bem mais fortes se tornaram matéria-prima utilizada em diversas aplicações comerciais e industriais, por exemplo, em brinquedos, avisos em quadros magnéticos e até mesmo dentro de discos rígidos de computadores.

A Terra e o geomagnetismo

A agulha magnetizada de uma bússola ou mesmo de um ímã pendurado por um fio tende a se alinhar com uma direção preferencial nas proximidades da Terra. Isso nos

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

MODERNA

mostra que o planeta é uma fonte de campo magnético, como mostra a **Figura 4.4**. A extremidade da agulha da bússola que aponta para o norte geográfico é a extremidade norte da agulha do ímã, e a que aponta para o sul geográfico é a extremidade sul da agulha do ímã.

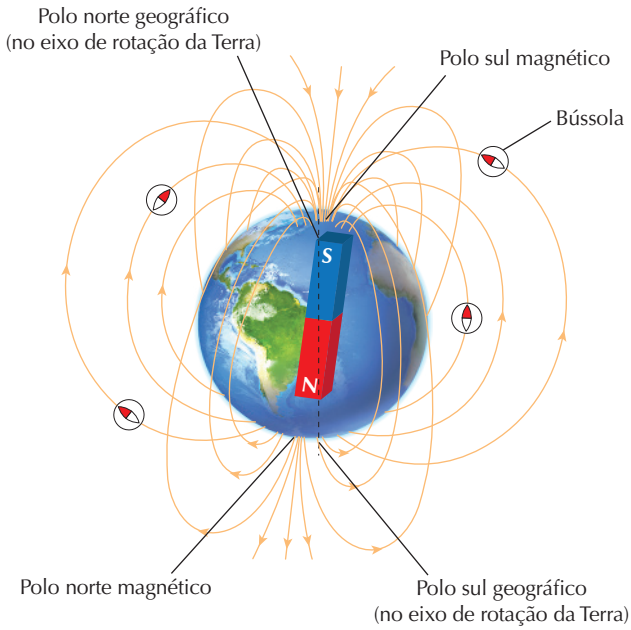


Figura 4.4 Representação do campo magnético da Terra. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. *Física I, Sears e Zemansky*: mecânica. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

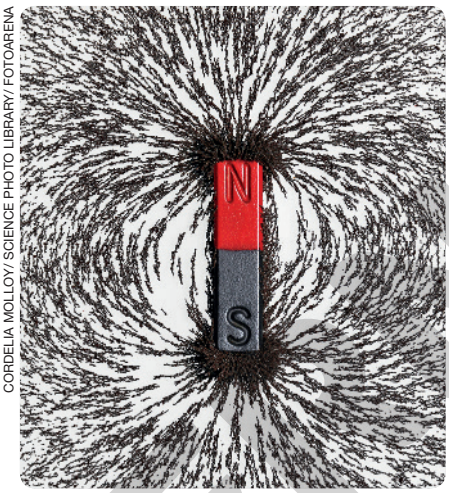
Como o norte da agulha de uma bússola se volta na direção de algum ponto perto do polo norte geográfico, o Ártico se comporta como um polo sul magnético. Isso quer dizer que o campo magnético da Terra sai de uma região na Antártida e entra em uma região no Ártico. Nem sempre foi assim na história geológica da Terra. Em um período não muito regular, o campo magnético da Terra sofre uma reversão completa. Isso pode ser observado em rochas muito antigas, as quais retêm matéria magnetizada desde a época de sua formação. Analisando a orientação da magnetização de fragmentos de diversas rochas, identifica-se a orientação do campo magnético da Terra na época em que a rocha foi formada. A última reversão ocorreu por volta de 780.000 anos atrás.

A existência do campo magnético ao redor da Terra gera uma proteção para nós, desviando inúmeras partículas (prótons e elétrons, principalmente) que vêm do espaço e atingem a Terra. Sem o seu campo magnético, a Terra ficaria totalmente vulnerável à radiação.

Mas a Terra não é o único astro que cria um campo magnético ao seu redor. No interior e ao redor do Sol, há um campo que se estende por todo o Sistema Solar, criando a chamada heliosfera. Em novembro de 2018, a sonda espacial Voyager 2, lançada em 1977, saiu da heliosfera e pôde medir características do campo magnético e a interação entre as partículas que vêm do espaço exterior ao Sistema Solar.

Linhas de indução e o vetor campo magnético

Agulhas magnetizadas ou pequenos pedaços de limalha de ferro podem ser utilizados para verificar a existência de campo magnético em uma região. Uma forma de visualizar a direção do campo magnético em uma região é soltando limalha ou pó de ferro próximo a um ímã e olhar a sua configuração, como mostra a **Figura 4.5**.



CORDELIA MOLLOY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA

Figura 4.5 Limalhas de ferro ao redor de um ímã.

Observando as limalhas de ferro, percebemos que elas se acumulam nos polos e formam linhas que representam o campo magnético. Essas linhas são chamadas de **linhas de indução** ou **linhas de campo**.

O campo magnético pode ser representado em cada ponto da linha de indução pelo **vetor indução magnética** $(\vec{B})$ ou **vetor campo magnético**, e a direção de $\vec{B}$ é tangente à linha de campo que passa pelo ponto e o sentido é saindo do polo norte do ímã e indo até o polo sul.

De maneira geral, a linha de campo é uma linha imaginária tangente ao campo magnético, de modo que, no local em que o campo é mais intenso, as linhas de campo estão mais próximas. Conforme podemos ver na **Figura 4.6**, no ponto *P* as linhas estão mais próximas; logo, nesse ponto o campo magnético é mais intenso do que no ponto *Q*, onde as linhas estão mais espaçadas.

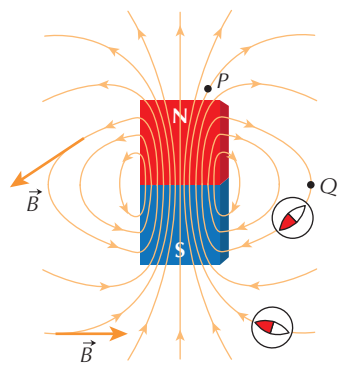


Figura 4.6 Representação das linhas de campo e do vetor campo magnético em determinados pontos, sempre tangente à linha de campo.

Se uma pessoa quebrar um ímã em duas partes, ela ficará com dois pedaços, e cada pedaço terá um polo

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

COMERCIAL

Comente com os estudantes que esse fenômeno evidenciou que a América do Sul e a África já estiveram unidas e se afastaram, afastamento que continua até hoje. Perfurações especiais em amostras de rochas do assoalho oceânico permitiram observar a orientação dos cristais de magnetita no seu interior, sendo elas simétricas partindo do centro do Atlântico para esses dois continentes.

norte e um polo sul. Essa divisão pode ser feita sucessivamente até atingir níveis microscópicos, caso em que o ímã é denominado **ímã elementar**. O fato de o polo norte magnético estar sempre acompanhado de um correspondente sul é conhecido como **inseparabilidade dos polos magnéticos**. Em outras palavras, não existem monopolos magnéticos, ou seja, ímãs com apenas um polo. Uma afirmação equivalente é: toda linha de campo magnético é fechada. De fato, se existisse um norte magnético isolado, um campo magnético poderia ser criado nesse norte e se estender ao infinito.

:: Campo magnético criado por uma corrente em um condutor retilíneo

Em sistemas de para-raios, evita-se utilizar apenas um condutor de descida retilíneo, responsável por levar a corrente até a terra. Um dos motivos é evitar que o campo magnético criado pela corrente no condutor de descida afete os equipamentos eletrônicos no interior dos apartamentos. Além disso, sempre se utilizam condutores retilíneos para encurtar o caminho.

Vamos considerar como exemplo um sistema de para-raios instalado em um prédio com apenas um condutor de descida, que conduz a corrente elétrica proveniente dos raios até o solo, conforme mostra a **Figura 4.7**. Se analisarmos uma região próxima da parte central do condutor, podemos fazer uma aproximação e considerar o condutor como "muito longo"; matematicamente, dizemos que o seu comprimento tende ao infinito.

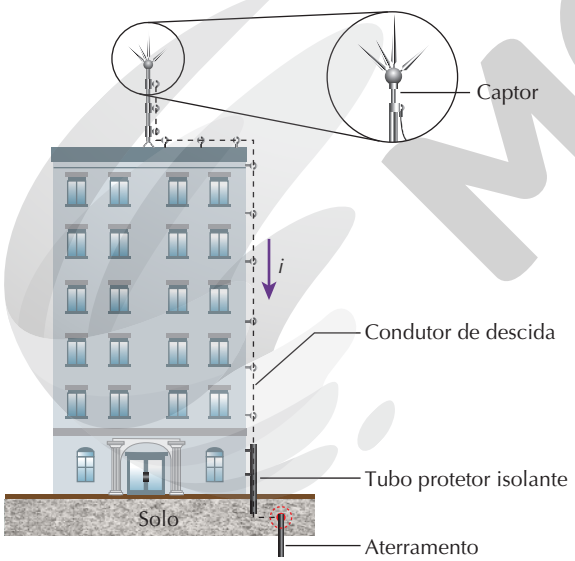


Figura 4.7 Representação esquemática do sistema de para-raios com condutor de descida. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Analisando essa situação, como seriam as linhas de campo magnético ao redor do condutor de descida? Sabemos que elas são sempre fechadas, portanto a única possibilidade para a geometria das linhas de campo ao redor do condutor vertical, obedecendo à simetria ao redor do condutor e considerando que a uma mesma distância dele o campo tenha igual valor, é a de que as linhas de campo sejam circulares com centro no condutor.

Portanto, o campo magnético ao redor de um condutor retilíneo muito longo forma linhas circulares em um plano perpendicular a ele e com centro no condutor.

Considerando essa mesma situação, qual seria o sentido do campo magnético criado pelo condutor retilíneo? Já sabemos que as linhas de campo magnético são circulares, mas o campo que acompanha essa linha aponta para qual dos dois sentidos possíveis?

Para determinar o sentido, utilizamos uma regra prática chamada **regra da mão direita**: posicionamos o polegar da mão direita paralelamente à corrente elétrica; desse modo, os outros dedos apontarão no sentido do campo magnético, que é ao redor da corrente, conforme mostra a **Figura 4.8**.

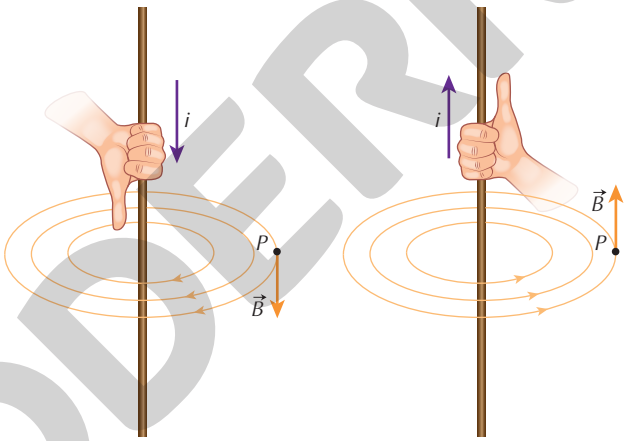


Figura 4.8 Representação esquemática da regra da mão direita.

E qual seria a intensidade do campo magnético criado pelo condutor retilíneo muito longo? Com equações desenvolvidas pelos físicos André-Marie Ampère (1775-1836) e James Clerk Maxwell (1831-1879), pode-se demonstrar que a intensidade (B) do campo magnético criado por um condutor retilíneo muito longo em um ponto no vácuo a uma distância d do condutor, longe das suas extremidades, pode ser calculada pela expressão:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d}$$

Em outras palavras, a intensidade do campo é diretamente proporcional à corrente (maior corrente, maior campo na mesma proporção) e inversamente proporcional à distância (maior distância, menor campo). A constante μ é chamada de **permeabilidade magnética do meio**, que no vácuo vale:

$$\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{T\,m\,A^{-1}}$$

A permeabilidade magnética do ar é muito próxima à do vácuo, e a razão entre elas (μ_{ar}/μ_0) é igual a 1,00000037. Portanto, vamos considerá-las iguais.

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade do campo magnético é o **tesla** (T), em homenagem ao engenheiro Nikola Tesla (1856-1943).

Notação dos sentidos dos vetores

Como em eletromagnetismo encontramos vetores apontando em todos os sentidos no espaço, utilizamos dois símbolos especiais: um que representa o vetor saindo do plano e um que representa o vetor entrando no plano, conforme mostra a **Figura 4.9**.

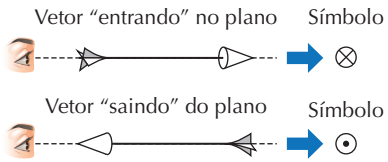


Figura 4.9 Representação esquemática de vetores que entram em um plano e saem de um plano, com os respectivos símbolos representados no plano vertical. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Com os conceitos vistos até agora, podemos analisar uma situação que envolve os campos magnéticos nas linhas do metrô. Essas linhas utilizam o chamado "terceiro trilho", que alimenta o motor elétrico, conforme mostra a **Figura 4.10**. Considere que pelo terceiro trilho passe uma corrente de 4 kA. Qual é a intensidade, a direção e o sentido do campo magnético em um ponto sobre a plataforma?

RUBENS CHAVES/PULSAR IMAGENS

Figura 4.10 Terceiro trilho condutor de corrente elétrica na linha do metrô do Rio de Janeiro (RJ, 2016).

Usando a regra da mão direita, a linha do campo magnético tem a forma circular orientada no sentido horário, uma vez que, na figura, a corrente está entrando no plano do papel. Como a direção do campo é tangente à linha de força, no ponto *P* a direção e o sentido do campo magnético podem ser vistos na **Figura 4.11**.

A intensidade do campo magnético nesse ponto pode ser calculada como:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{T m A}^{-1} \cdot 4 \cdot 10^{3}\,\text{A}}{2\pi \cdot 4\,\text{m}}$$

$$\therefore B = 2 \cdot 10^{-4}\,\text{T}$$

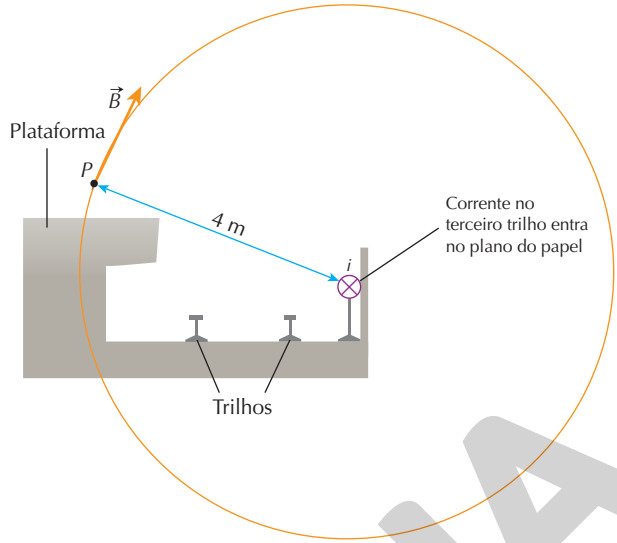


Figura 4.11 Representação esquemática do campo magnético ao redor do terceiro trilho passando por um ponto *P* sobre a plataforma.

Campo magnético criado por bobinas

Com eletroímãs, podem-se elevar materiais magnetizáveis com peso significativo. Mas, para isso, um campo magnético intenso deve ser produzido.

Se usarmos um fio retilíneo, o campo ao redor do fio terá baixa intensidade. Por exemplo, em um fio pelo qual passa uma corrente de 100 A, a intensidade do campo magnético em um ponto a 0,5 m de distância do fio é:

$$B = \frac{\mu \cdot i_1}{2\pi d} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{T m A}^{-1} \cdot 100\,\text{A}}{2\pi \cdot 0{,}5\,\text{m}}$$

$$\therefore B = 4 \cdot 10^{-5}\,\text{T}$$

Essa intensidade de campo é menor do que o campo criado pela Terra. Quando queremos obter intensidades de campo maiores, podemos usar espiras e bobinas.

Espira

Uma espira é um fio condutor enrolado que forma uma circunferência (**Fig. 4.12**). Em uma espira circular com raio *R* percorrida por uma corrente de intensidade *i*, a intensidade do campo magnético no seu centro é calculada por:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2R}$$

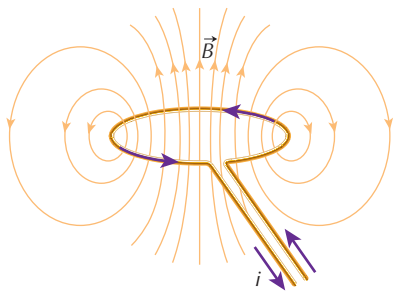


Figura 4.12 Campo magnético criado por uma espira circular.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

PROVA

As espiras também podem ser superpostas formando uma bobina chata (**Fig. 4.13**). Para uma bobina chata com N espiras de raio R, a intensidade do campo magnético no seu centro é dada por:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2R} N$$

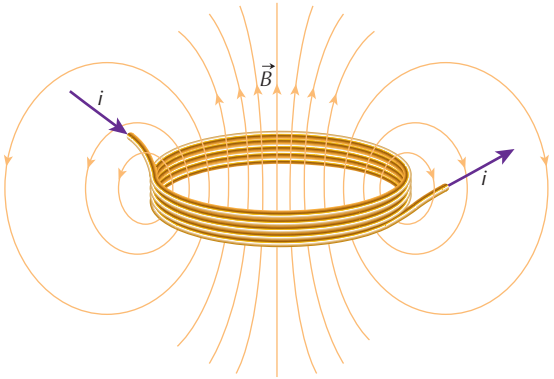


Figura 4.13 Campo magnético criado por uma bobina chata.

Se olharmos por cima para a espira, ou bobina chata, veremos o enrolamento de forma circular, com a corrente circulando no sentido horário ou anti-horário. De acordo com a regra da mão direita, no centro da espira, ou bobina chata, o campo magnético entra no plano do papel caso o sentido da corrente seja horário (**Fig. 4.14 A**) e sai caso seja anti-horário (**Fig. 4.14 B**).

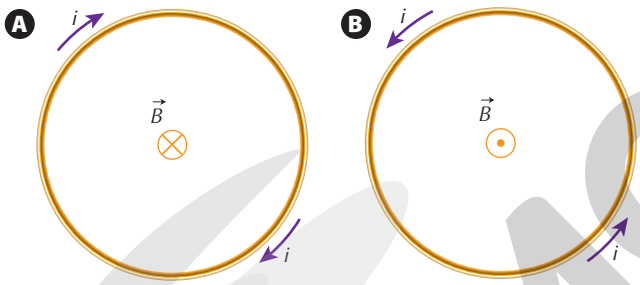


Figura 4.14 Vista frontal de uma espira, ou bobina chata. **(A)** Correntes no sentido horário geram um campo magnético que entra pelo centro da espira. **(B)** No sentido anti-horário, o campo magnético sai pelo centro da espira.

Solenoide

Em um solenoide, o fio é enrolado na forma helicoidal. A forma mais simples de construir um solenoide é enrolando um fio ao redor de um cilindro base. No solenoide, a sua altura não é desprezível quando comparada com o seu raio, como no caso da bobina chata.

Com um solenoide, obtém-se um campo magnético praticamente uniforme em seu interior, com exceção da região próxima das bordas, em que a intensidade do campo magnético diminui. Em um campo magnético uniforme, todos os pontos possuem a mesma intensidade e as linhas de campo devem ser paralelas e igualmente distantes. A direção e o sentido do campo magnético são dados pela regra da mão direita e podem ser visualizados na **Figura 4.15**.

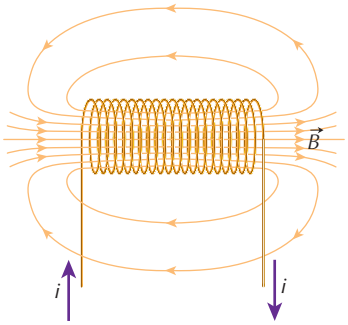


Figura 4.15 Campo magnético criado por um solenoide.

Para um solenoide com comprimento L, formado por N espiras, a intensidade do campo magnético pode ser calculada utilizando a expressão:

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{L}$$

Uma aplicação de solenoides se dá nas máquinas de lavar roupas. Nos ciclos de lavagem, há momentos em que a água é inserida na máquina e outros em que a água é despejada para fora. Para controlar quando a água entra na máquina e quando sai dela existem válvulas elétricas, chamadas válvulas solenoides. A partir da corrente elétrica na válvula é possível controlar a posição de um pino feito com material magnetizável (**Fig. 4.16**).

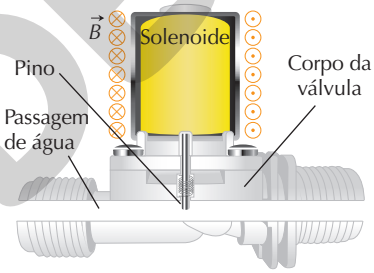


Figura 4.16 Representação esquemática da válvula solenoide.

Considere que o solenoide da válvula possua 400 voltas, tenha um comprimento de 4 cm e que por ele passe uma corrente de 1 A. Qual é a intensidade do campo magnético criado dentro do solenoide?

A intensidade do campo magnético no interior do solenoide é dada por:

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L} \Rightarrow B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{T m A}^{-1} \cdot 1\,\text{A} \cdot 400}{0{,}04\,\text{m}}$$

$$\therefore B = 0{,}013\,\text{T}$$

Força magnética sobre partículas carregadas em movimento

O Sol não origina apenas luz, radiação ultravioleta, infravermelho etc. O Sol é composto de matéria, principalmente hidrogênio, tão aquecida que os elétrons se desprendem da maioria dos átomos. Esse estado da matéria, uma massa

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

gasosa muito aquecida altamente ionizada, é chamado de **plasma**. Grande parte da massa do Sol é composta de prótons, provenientes de hidrogênio, que perderam seu elétron. À altíssima temperatura em que essa massa está, os prótons e os elétrons têm um movimento desordenado e com grande velocidade. Com frequência, prótons e elétrons escapam do Sol em direção ao espaço e compõem o chamado vento solar.

Muitas dessas partículas (prótons e elétrons) atingem a Terra em velocidades altíssimas, próximas da velocidade da luz. O constante bombardeamento de partículas em alta velocidade poderia causar sérios danos às camadas superiores da atmosfera, comprometendo a camada de ozônio, que bloqueia parte da radiação ultravioleta vinda do Sol. No entanto, a Terra possui uma proteção natural, como se fosse uma barreira, que é o campo magnético terrestre. Isso ocorre porque cargas elétricas em movimento, quando submetidas a um campo magnético, sofrem a ação de uma força, conhecida como **força magnética** $\left(\vec{F}_m\right)$.

Dessa forma, quando as partículas atingem o campo magnético da Terra, elas são desviadas pela **força magnética** $\left(\vec{F}_m\right)$. No entanto, uma fração dessas partículas consegue passar pela barreira e interagir com a alta atmosfera, produzindo as luzes que caracterizam as auroras. As linhas luminosas verticais correspondem a fluxos mais intensos de partículas canalizados pelas linhas de força do campo magnético terrestre.

Vimos, então, como a força magnética é importante para a manutenção do planeta Terra, já que por meio dela é possível interagir com cargas elétricas, o que evita danos ao nosso planeta. A primeira propriedade da força magnética aplicada em cargas elétricas em movimento é:

A força magnética apenas desvia a direção da velocidade, não tornando o movimento nem mais rápido nem mais devagar.

Como a força magnética apenas altera a direção do movimento, ela possui sempre direção perpendicular à velocidade. Uma forma prática de determinar a direção da força magnética é por meio da **regra da mão esquerda**. Nessa regra, alinhamos o dedo indicador com o campo magnético e o dedo médio na direção do movimento da partícula.

- Caso a carga elétrica seja positiva, a força terá direção e sentido dados pelo polegar, sempre perpendicular à velocidade e ao campo (**Fig. 4.17**).

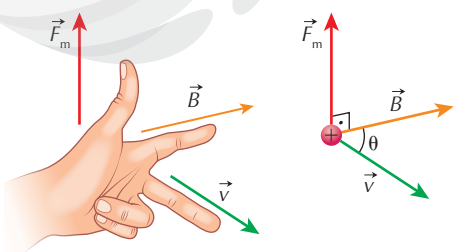


Figura 4.17 Representação esquemática da regra da mão esquerda para o sentido da força magnética no caso em que a carga elétrica é positiva.

- Caso a carga elétrica seja negativa, a força aplicada terá sentido oposto ao dado pela regra anterior (**Fig. 4.18**).

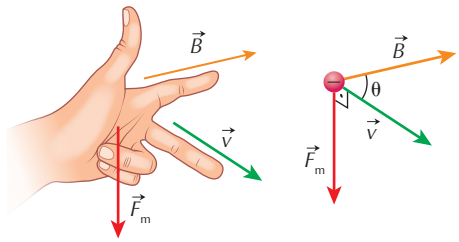


Figura 4.18 Regra da mão esquerda para o sentido da força magnética no caso em que a carga elétrica é negativa.

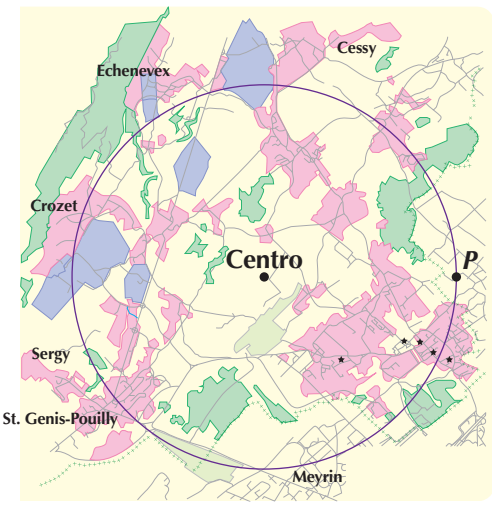
Quanto mais rapidamente a partícula passar pelo campo, maior será a intensidade da força magnética aplicada sobre ela. Mas a força magnética possui uma particularidade muito diferente das forças aplicadas por outros campos, como a elétrica e a gravitacional. A sua intensidade (F_m) depende da direção da velocidade em relação ao campo, sendo máxima quando a velocidade e o campo são perpendiculares e nula, quando paralelos. Dessa forma, podemos resumir todas essas propriedades da força magnética aplicada sobre uma partícula em movimento. Sendo θ o ângulo que a velocidade $\vec{v}$ forma com o campo magnético $\vec{B}$, a intensidade da força magnética é dada por:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\,\theta$$

Note que, para $\theta = 0°$ ou $\theta = 180°$, a intensidade da força é zero e, para $\theta = 90°$, a intensidade da força é máxima.

O conceito de força magnética nos ajuda a compreender parte do funcionamento do Grande Colisor de Hádrons (LHC) no que se refere aos prótons que são acelerados a velocidades muito próximas da velocidade da luz.

Considere um ponto *P* no tubo que forma o LHC, conforme mostra a **Figura 4. 19**. No ponto *P* passa um próton que se movimenta no sentido anti-horário. Qual deve ser a direção e o sentido do campo magnético aplicado nesse próton para mantê-lo na trajetória circular?



Fonte: Disponível em: <http://cds.cern.ch/record/842418>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Figura 4.19 Representação esquemática da circunferência formada pelo tubo do LHC.

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Para manter um próton em uma trajetória circular, é necessária a aplicação de uma força que tenha a direção apontando para o centro. No caso, a força que mantém o próton na órbita é a força magnética, que age como uma força centrípeta. Como no ponto *P* a velocidade tem a direção e o sentido verticais para cima e a força aponta para o centro, pela regra da mão esquerda, o campo magnético deve ser aplicado na direção e sentido dados por um vetor que entra no plano do papel (**Fig. 4. 20**).

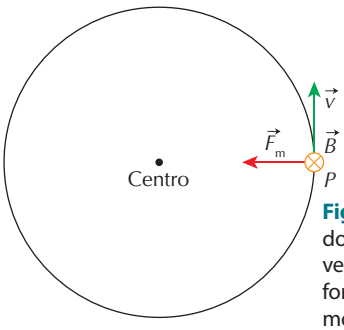


Figura 4.20 Direção e sentido do vetor campo magnético, do vetor velocidade e do vetor da força aplicada a um próton em movimento no ponto *P*.

Outra aplicação da força magnética ocorre em equipamentos de laboratório. Em séries e filmes policiais, há cenas em que um investigador retira com uma pinça um pedaço de material e o leva ao laboratório para ser investigado. O perito o analisa por meio de um equipamento chamado espectrômetro de massa, que serve para identificar do que é feito o material.

Nesse equipamento, a amostra é aquecida e elétrons são retirados dos átomos que compõem a amostra, formando íons. Esses íons são acelerados e injetados em uma câmara a vácuo com um intenso campo magnético (**Fig. 4.21**). No interior da câmara, devido ao efeito do campo magnético, os íons passam a se deslocar em movimento circular uniforme, uma vez que a força magnética aplicada em uma partícula em movimento é centrípeta. Considerando que o campo magnético dentro do espectrômetro tenha intensidade igual a B_0 e que um íon com carga elétrica *q* positiva penetre no campo com velocidade v_0 atingindo o detector a uma distância *D* da entrada, qual é a massa do íon em função de B_0, *q*, v_0 e *D*?

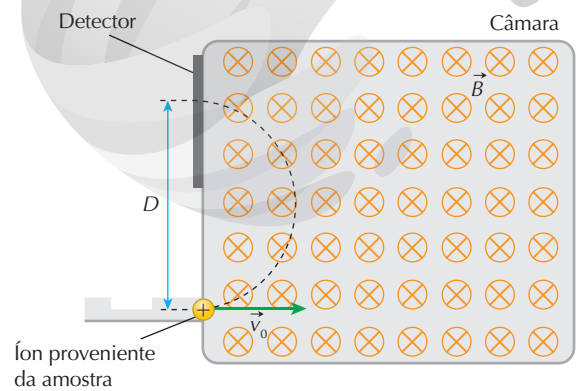


Figura 4.21 Representação esquemática da direção do campo magnético e da velocidade do íon dentro de um espectrômetro de massa.

O íon dentro do campo magnético fica sujeito a uma força magnética sempre perpendicular à velocidade. Nesse movimento, portanto, a força resultante centrípeta é igual à força magnética.

A intensidade da força resultante centrípeta (F_{cp}) sobre uma partícula com velocidade *v*, em uma trajetória com raio *R*, é:

$$F_{cp} = m\frac{v^2}{R}$$

Como, nesse movimento, o ângulo θ que a velocidade $\vec{v_0}$ forma com o campo magnético $\vec{B}$ é 90°, a intensidade da força magnética é igual a:

$$F_m = q \cdot v_0 \cdot B \cdot \text{sen } 90° \therefore F_m = q \cdot v_0 \cdot B_0$$

Igualando as expressões da força resultante centrípeta (F_{cp}) e da força magnética (F_m), temos:

$$\frac{mv^2}{R} = q \cdot v_0 \cdot B_0 \Rightarrow m = \frac{q \cdot v_0 \cdot B_0 \cdot R}{v_0^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{q \cdot B_0 \cdot R}{v_0}$$

Como $R = \frac{D}{2}$, temos:

$$m = \frac{q \cdot B_0 \cdot D}{2 \cdot v_0}$$

Dessa forma, se forem conhecidos os valores da carga do íon (*q*), da intensidade do campo magnético (B_0), da distância entre o ponto de colisão no sensor e a entrada (*D*) e da velocidade do íon, pode-se calcular a massa desse íon. Por meio da massa e da carga do íon, é possível identificar qual elemento deu origem a ele.

Força magnética em um condutor retilíneo percorrido por corrente elétrica

O que um trem do metrô, uma máquina de lavar, um liquidificador, uma escada rolante e um ventilador têm em comum? A resposta é: todas essas máquinas possuem um motor elétrico que realiza trabalho a partir da energia elétrica. Oersted descobriu que um fio percorrido por uma corrente elétrica interage com uma agulha magnetizada. Ampère foi um pouco além e considerou que, se um fio percorrido gera algum campo magnético ao seu redor, então ele deve interagir com outro fio, que também gera campo magnético ao seu redor. Foi com base nessas ideias que surgiram os conceitos necessários para a invenção do motor elétrico.

Em um motor elétrico, aplica-se um campo magnético, que pode ser criado por um ímã permanente ou por um conjunto de bobinas, como mostra a **Figura 4.22**. Além disso, na parte interior do motor há corrente elétrica atravessando o fio que forma a espira. A interação entre o

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

campo magnético aplicado e a corrente no fio condutor gera a força necessária para fazer o motor girar.

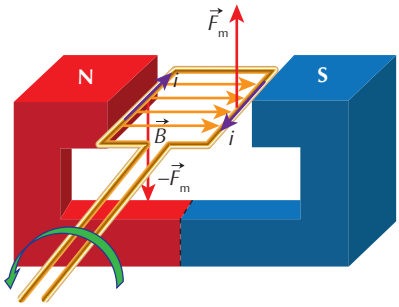


Figura 4.22 Representação esquemática de um motor elétrico.

Mas por que um fio percorrido por corrente elétrica que está imerso em um campo magnético fica sujeito a uma força magnética? Porque uma corrente elétrica nada mais é do que cargas elétricas em movimento ordenado em um condutor. Se cargas elétricas em movimento ficam sujeitas à força magnética, então uma corrente em um campo magnético também sofre a ação de uma força dessa natureza.

Vamos analisar um condutor retilíneo com comprimento L. Esse condutor é percorrido por uma corrente elétrica i e está imerso em um campo magnético uniforme de intensidade B. Para determinar o sentido dessa força, podemos usar a regra da mão esquerda, mas antes devemos saber o sinal da carga que está em movimento. Em uma corrente elétrica em um condutor, as cargas em movimento são negativas. Porém, o movimento ordenado delas se dá no sentido contrário ao sentido da corrente. Por esse motivo, para determinar o sentido da força magnética aplicada (**Fig. 4.23**) sobre correntes, utilizamos a regra da mão esquerda em cargas positivas alinhando o dedo médio à corrente.

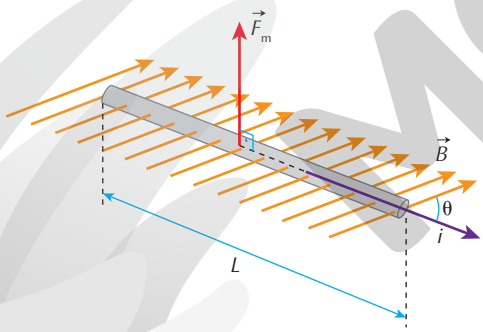


Figura 4.23 Força magnética aplicada em condutor imerso em campo magnético uniforme e percorrido por uma corrente elétrica.

A intensidade da força magnética (F_m) pode ser calculada como:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\theta$$

A corrente no condutor é $i = \frac{q}{\Delta t}$ e o tempo médio de travessia das cargas pelo condutor com comprimento L é $\Delta t = \frac{L}{v}$; logo:

$$i = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow i = q \cdot \frac{v}{L} \Rightarrow q = \frac{i \cdot L}{v}$$

Substituindo na equação da força magnética:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\theta \Rightarrow F_m = \frac{i \cdot L}{\cancel{v}} \cdot \cancel{v} \cdot B \cdot \operatorname{sen}\theta$$

$$\therefore F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \operatorname{sen}\theta$$

Portanto, a intensidade da força magnética depende tanto da corrente elétrica como da intensidade do campo magnético. Para visualizar essa relação, imagine uma linha de transmissão com um cabo pelo qual qual passa uma corrente de 2 kA. Entre uma torre e outra, a forma que o cabo assume é bem distante de uma forma retilínea, porém, para um segmento de 10 m de cabo, podemos aproximá-lo para uma forma retilínea (**Fig. 4.24**).

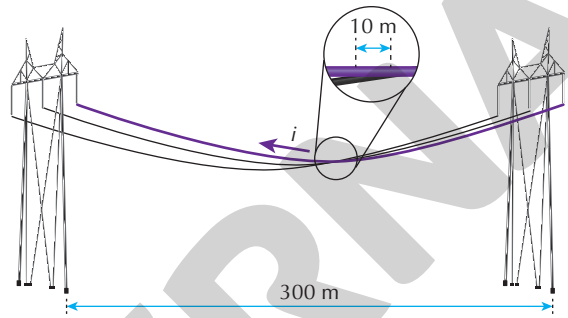


Figura 4.24 Representação esquemática de torres de uma linha de transmissão de energia elétrica.

Considere, em um segmento de 10 m no ponto mais baixo de um cabo, que a corrente no cabo flui no sentido leste-oeste. Sendo o campo magnético da Terra nesse ponto de 20 μT, qual é a direção, o sentido e a intensidade da força magnética aplicada pelo campo terrestre nesse segmento? Avalie se essa força é significativa ou desprezível.

De acordo com a regra da mão esquerda, a direção e o sentido da força magnética aplicada nesse segmento são verticais e para baixo (**Fig. 4.25**). Isso significa que, se a intensidade da força magnética for significativa, o peso aparente do cabo será maior.

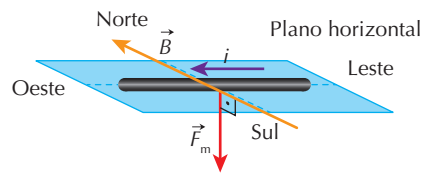


Figura 4.25 Representação esquemática do campo magnético terrestre, da corrente elétrica e da força magnética aplicada em um segmento de uma linha de transmissão de energia elétrica.

Como o ângulo entre a corrente e o campo magnético terrestre é 90°, o valor da intensidade da força magnética nesse segmento é:

$$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \operatorname{sen}\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_m = 20 \cdot 10^{-6}\,\text{T} \cdot 2.000\,\text{A} \cdot 10\,\text{m} \cdot \operatorname{sen}90°$$

$$\therefore F_m = 0{,}4\,\text{N}$$

Esse valor é desprezível, quando comparado com o peso de 1 m de cabo de alta tensão utilizado na linha de transmissão.

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Prática investigativa

Construindo um motor elétrico

Antes de iniciar a atividade, reúna-se em grupo com seus colegas, leia todo o procedimento e consulte o infográfico Segurança no laboratório, no início deste Volume.

É importante compreendermos bem a inter-relação entre a eletricidade e o magnetismo, o que pode ser feito por meio da construção de um motor elétrico. Durante sua montagem, podemos identificar as forças aplicadas, o sentido da corrente elétrica e do campo magnético para compreendermos como e por que o motor gira. Nessa prática investigativa, além de construirmos um motor elétrico, também faremos um controlador para o motor, aplicando conhecimentos de eletrônica e programação básica.

Objetivo

Construir um motor elétrico e um controlador.

Materiais

- Fio de cobre esmaltado com aproximadamente 1 mm de diâmetro
- 1 pilha tipo D e 4 pilhas AA
- 1 suporte para uma pilha D e 1 suporte para quatro pilhas AA
- Fios para placas eletrônicas com 0,5 mm de diâmetro
- 1 ímã de neodímio com formato de disco e com aproximadamente 15 mm de diâmetro
- 1 pedaço de madeira com 6 cm × 8 cm e 15 mm de espessura
- 2 alfinetes para fraldas e 2 parafusos
- Tesoura com pontas arredondadas
- Fita adesiva
- 1 microcontrolador que tenha 14 pinos digitais
- 1 potenciômetro de 1 kΩ
- 1 ponte H

Cuidados

Segurança

- Tome cuidado ao manusear a tesoura para não causar ferimentos. É recomendável que o professor seja o responsável por retirar o esmalte do fio.

Descarte

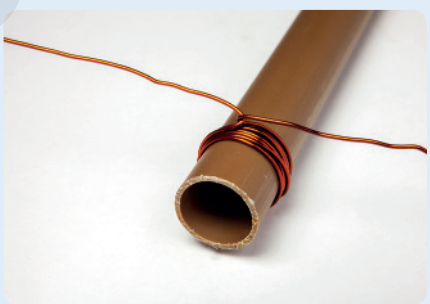
- As aparas de fita adesiva e de fios devem ser descartadas no lixo comum. O restante do material pode ser limpo e guardado para futuro reaproveitamento.

Prepare-se!

- Baixem um aplicativo em *tablet* ou *smartphone* que tenha a funcionalidade chamada magnetômetro. Se não for possível, usem uma bússola. Com o aplicativo ou a bússola, identifiquem os polos do ímã em cada face.

Procedimento

- Peguem um pedaço de fio de cobre esmaltado para formar uma espira, conforme indicado na figura a seguir. A largura da espira deve ser um pouco maior que a largura do seu ímã, mas atentem-se para que não seja menor que 2 cm. Uma sugestão é que a espira tenha cerca de 3 cm de diâmetro; para isso, pode ser usado um tubo de PVC com esse diâmetro como molde. Deixem pontas nas laterais de sobra, como mostra a figura a seguir.



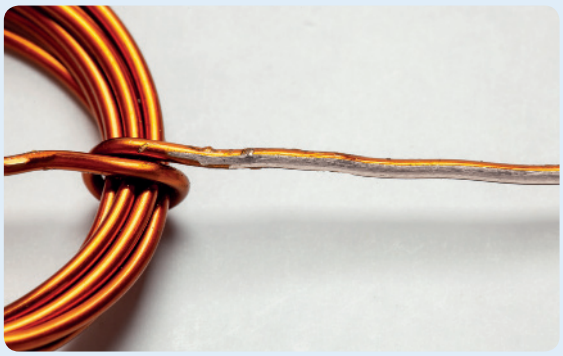
FOTOS: DOTTA2

Continua

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

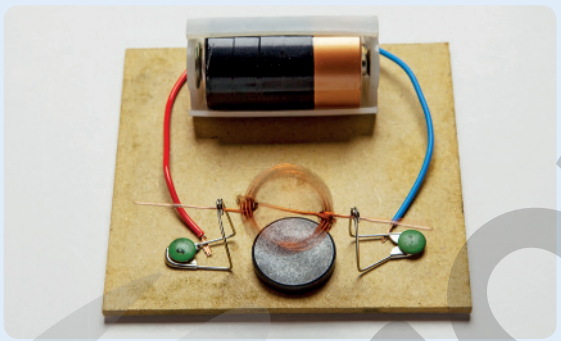
- Usando a tesoura com muito cuidado, tirem o esmalte apenas da metade da ponta do fio, como na figura a seguir. Façam o mesmo, na mesma posição, na outra ponta do fio.

DOTTA2

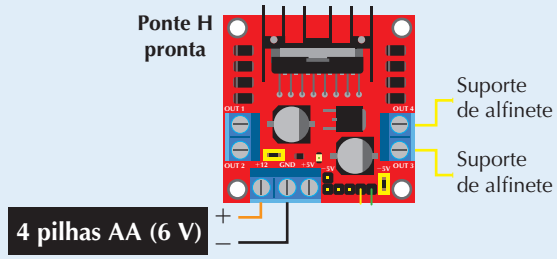


- Façam dois suportes para a espira, dobrando os alfinetes e fixando-os na tábua de madeira com os parafusos, como mostra a figura a seguir. Deixem a altura do suporte de forma que a espira passe rasante sobre o ímã, que deve ser fixado com a fita adesiva e, primeiro, com a face norte voltada para cima.

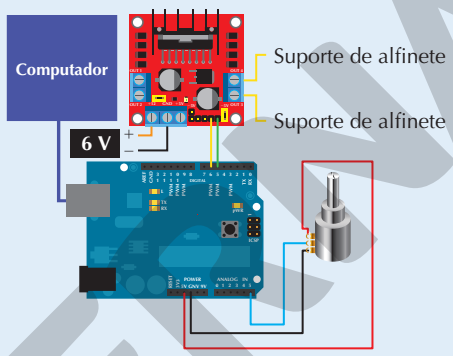
DOTTA2



- Posicionem uma pilha D no suporte para pilha e fixe-a na madeira com fita adesiva. Liguem os fios do suporte ao alfinete e dê um impulso inicial na espira.
- Com base nos polos positivo e negativo da pilha, identifiquem o sentido da corrente no fio inferior da espira.
- Observem o sentido de rotação que a espira adquire. Troquem o lado do ímã e observem se alterou o sentido. Troquem, posteriormente, os lados de conexão da pilha e observem novamente o que ocorre com o sentido da corrente.
- Agora, retirem o esmalte da ponta, por completo. Para manter o movimento de rotação é necessário alterar o sentido da corrente a cada meia-volta. Com esse objetivo, vamos utilizar uma ponte H, que é um dispositivo usado para amplificar ou impedir a passagem de corrente elétrica. Alimentem a ponte H com 6 V usando o suporte com as quatro pilhas AA.



- Na ponte H, há duas entradas que são conectadas a duas saídas digitais do microcontrolador (fios verde e amarelo na figura). Observem o aparato montado na figura a seguir.



- Procurem na internet por opções gratuitas de um ambiente de programação (IDE) e de uma linguagem apropriada para o seu microcontrolador. Isso porque o controle do sentido da corrente na ponte H é realizado programando o microcontrolador com a seguinte lógica: para que a corrente circule em um sentido, deixem uma saída (conectada ao fio verde, por exemplo) em nível ALTO e a outra (conectada no fio amarelo) em nível BAIXO. Para circular a corrente no sentido contrário, basta inverter a situação: a saída em verde fica em nível BAIXO e a amarela, em ALTO. Para não circular corrente, basta deixar em nível BAIXO as duas saídas. Escrevam um programa com a seguinte estrutura lógica:

```
Definir pino 4 como pino de saída digital;
Definir pino 5 como pino de saída digital;
loop:
        ler valor E da entrada analógica (geralmente um valor entre 0 e 1023)
        calcular t milissegundos, proporcional a E (escolha a proporção) *
        atribuir ao pino 4 estado ALTO;
        atribuir ao pino 5 estado BAIXO;
        esperar t milissegundos;
        atribuir ao pino 4 estado BAIXO;
        atribuir ao pino 5 estado ALTO;
        esperar t milissegundos;
reinício do loop.
```

- O valor de *E* será dado pelo potenciômetro, que é um resistor de resistência variável. Ele está sendo

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Continua

usado para controlar a diferença de potencial (ddp) em um pino de entrada, que deve ser uma entrada analógica. O valor de ddp será convertido para números inteiros, que vão de 0 a 1023. Esse valor será utilizado para controlar a frequência com que a corrente é trocada de sentido. Observem o movimento natural de giro da espira para prever, aproximadamente, qual é a frequência desejada.

- Uma sugestão para a proporção é:

$$t = 10 + \left(\frac{E}{1.024}\right) \cdot 40$$

Com essa fórmula de conversão, t variará entre 10 ms e 50 ms, em função de *E*. Alterando os valores entre 10 e 40, podem-se alterar os limites.

- Com o circuito montado e a corrente oscilando, variem a frequência com que a corrente troca de sentido e verifiquem em qual frequência o motor gira de forma mais estável. Tentem fazer o motor girar em mais de uma frequência, verificando, consequentemente, se isso é possível.

Discuta com seus colegas

1. Com base nas observações realizadas e usando a regra da mão esquerda, expliquem por que a espira gira no sentido observado antes de remover totalmente o esmalte de suas pontas.
2. Se a ponta da espira estivesse totalmente sem esmalte, como seria o movimento observado?
3. Depois que o esmalte foi totalmente retirado das pontas da espira, por que é necessário alterar o sentido da corrente para manter o movimento de rotação?
4. Usando o controlador, por qual motivo a frequência com que se alterna a corrente é decisiva para fazer o motor girar?
5. O aparato experimental montado foi adequado para as medições realizadas? Se não, o que vocês sugeririam para melhorar o experimento?
6. Façam um resumo dos resultados obtidos pelo seu grupo e comparem-no com as conclusões dos outros grupos, seguindo a orientação do professor.

:: Indução eletromagnética

Em sistemas de recarga de celulares e dispositivos eletrônicos sem fio, apenas se apoia o dispositivo sobre o carregador e o aparelho é carregado. Mas como a energia é transferida do carregador para o aparelho sem um fio condutor entre os dois? O conhecimento físico necessário para criar essas e outras interessantes aplicações tecnológicas foi desenvolvido há mais de 150 anos pelo físico e químico britânico Michael Faraday (1791-1867).

Em meados do século XIX, Faraday observou que correntes elétricas podiam ser produzidas em espiras, utilizando-se o campo magnético. Por exemplo, quando se aproxima ou se afasta um ímã de uma espira, produz-se nela uma corrente elétrica. Ele percebeu, de forma geral, que, quando havia variação do campo magnético que atravessava a espira, tensão e correntes eram criadas nela. Esse fenômeno ficou conhecido como **indução eletromagnética**.

A medida de quanto o campo magnético atravessa a espira pode ser quantificada pelo conceito de **fluxo do campo magnético**, que relaciona o número de linhas de campo que atravessam determinada área de uma superfície. Quando linhas de campo atravessam uma espira, dizemos que o fluxo do campo magnético através dessa espira é não nulo.

Considerando uma espira de área *A* (**Fig. 4.26**), com ângulo θ formado pelo vetor normal $(\vec{n})$ à superfície da espira e pelo vetor do campo $\vec{B}$, o fluxo do campo magnético Φ pode ser calculado como:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

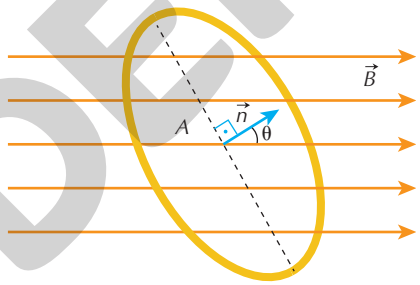


Figura 4.26 Representação esquemática das linhas de campo atravessando uma espira. O vetor normal $(\vec{n})$, à superfície da espira, forma um ângulo θ com o vetor $\vec{B}$.

A unidade de medida de fluxo magnético no SI é T m^2, denominada weber (Wb) em homenagem ao físico alemão Wilhelm Eduard Weber (1804-1891).

Dessa forma, se:

- o vetor do campo $\vec{B}$ é paralelo ao vetor normal $(\vec{n})$, temos $\theta = 0°$ e o fluxo magnético é máximo (**Fig. 4.27**).
- o vetor do campo $\vec{B}$ é perpendicular ao vetor normal $(\vec{n})$, temos $\theta = 90°$ e o fluxo magnético é nulo.

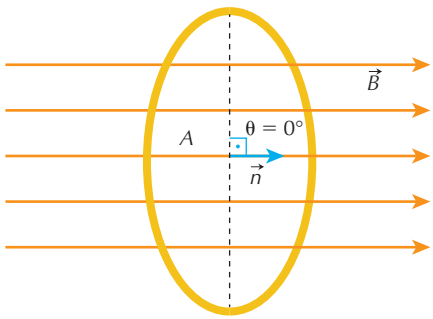


Figura 4.27 Representação esquemática das linhas de campo atravessando uma espira. Quando $\theta = 0$, o fluxo magnético é máximo.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Vimos que a variação do fluxo magnético pode ocorrer quando a espira é inclinada em relação à direção do campo magnético. Há, no entanto, outra forma de fazer variar o fluxo: afastando ou aproximando um ímã da espira. Dessa forma, a intensidade do campo magnético varia, modificando o fluxo magnético na espira.

Faraday observou que, ao fazer o fluxo magnético variar no interior de uma espira, uma corrente elétrica era produzida, denominada **corrente induzida**. O sentido dessa corrente pode ser determinado por uma lei estabelecida pelo físico e químico Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865), conhecida hoje como **lei de Lenz**. Essa lei nos diz que o sentido da corrente induzida origina um fluxo magnético induzido que se opõe à variação do fluxo magnético que a originou.

Para melhor compreender a lei de Lenz, vamos considerar que o polo norte de um ímã se aproxima de uma espira, gerando uma corrente elétrica induzida (**Fig. 4.28 A**). Para que haja oposição à variação do fluxo magnético, uma situação equivalente seria na face da espira haver um polo norte, que repele o ímã. Pela regra da mão direita, podemos determinar o sentido da corrente induzida como anti-horário em relação ao observador. De maneira análoga, ao afastarmos o polo norte do ímã (**Fig. 4.28 B**), para haver oposição à variação do fluxo, a situação equivalente seria haver um polo sul na face da espira, para atrair o polo norte do ímã. Pela regra da mão direita, a corrente induzida deve ter sentido horário em relação ao observador.

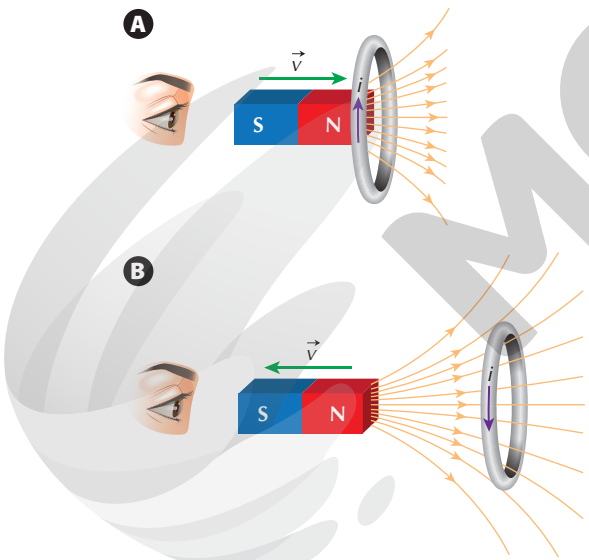


Figura 4.28 (A) Ímã se aproximando da espira: há aumento do fluxo magnético e a corrente induzida tem sentido anti-horário em relação ao observador. **(B)** Ímã se afastando da espira: há diminuição do fluxo magnético e a corrente induzida tem sentido horário em relação ao observador. (Imagens sem escala; cores fantasia.)

Lei de Faraday-Neumann

Nos anos seguintes à descoberta da indução eletromagnética por Faraday, o físico e matemático alemão Franz Ernest Neumann (1798-1895) expressou matematicamente o conceito da indução eletromagnética conhecida hoje como **lei de Faraday-Neumann**, por meio da expressão:

$$|\varepsilon| = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

Portanto, a lei de Faraday-Neumann relaciona a força eletromotriz induzida (ε) com a taxa de variação do fluxo magnético ($\Delta\Phi$) em um dado intervalo de tempo (Δt).

Uma das principais aplicações da indução eletromagnética é o gerador. Para visualização, imagine uma espira imersa em um campo magnético. Se a espira girar continuamente, uma diferença de potencial será criada. Mantendo as espiras em movimento, mantém-se a tensão gerada. Daí a necessidade de água na usina hidrelétrica, por exemplo, para fornecer energia mecânica a fim de manter o movimento e gerar energia elétrica. Nesse caso, a indução eletromagnética é decorrência do movimento relativo entre a espira e o campo.

Para compreendermos os conceitos apresentados até agora, vejamos um exemplo em que um sistema foi desenvolvido para contar o número de voltas dadas pela roda de uma bicicleta.

Nesse sistema, acoplada ao garfo da parte dianteira da bicicleta, há uma bobina com 20 espiras de 2 cm^2 de área cada uma. Um ímã preso em um dos raios da roda gera um campo de intensidade média igual a 0,2 T, na região da bobina, quando totalmente à frente da bobina. O intervalo de tempo necessário para o ímã passar da posição *A*, iniciando a passagem pela bobina, até a posição *B*, alinhada com a bobina, conforme mostra a **Figura 4.29**, é 0,001 s.

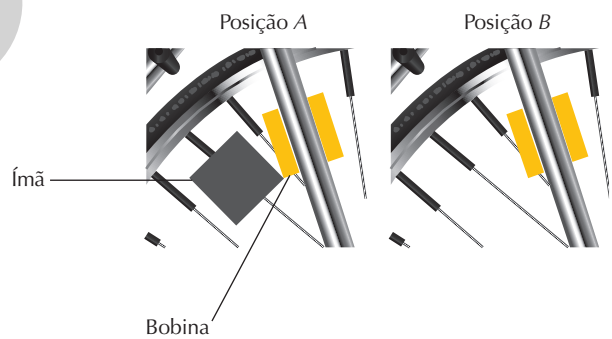


Figura 4.29 Representação esquemática da bobina e do ímã em duas posições, *A* e *B*. Na posição *B*, o ímã e a bobina estão alinhados. (Cores-fantasia.)

A passagem do ímã pela frente da bobina, aproximando-se e posteriormente afastando-se, gera uma variação no fluxo do campo magnético do ímã sobre a bobina. Essa variação do fluxo corresponde a uma voltagem induzida, que é utilizada por um sistema eletrônico para calcular, em função do número de voltas da roda, a distância percorrida e, possivelmente, a velocidade da bicicleta. Qual é a força eletromotriz criada no intervalo de tempo entre as posições *A* e *B*?

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Imediatamente antes de o ímã iniciar sua passagem na frente da bobina (posição *A*), o fluxo do campo magnético é nulo, $\Phi_A = 0$. Na situação *B*, o ângulo Φ entre o campo magnético e a normal às espiras é $\Phi = 0°$, de forma que o fluxo nessa situação é:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos\theta \Rightarrow \Phi_B = 0{,}02\,T \cdot 2 \cdot 10^{-4}\,m^2 \cdot 1$$
$$\therefore \Phi_B = 4 \cdot 10^{-6}\,Wb$$

Durante o intervalo de tempo entre *A* e *B*, a força eletromotriz induzida vale:

$$|\varepsilon| = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = -\frac{4 \cdot 10^{-6}\,Wb}{1 \cdot 10^{-3}\,s} \therefore |\varepsilon| = -4\,mV$$

Esse valor é correspondente a uma espira. Como a bobina possui 20 espiras, a força eletromotriz total é:

$$|\varepsilon_{20}| = 20 \cdot 4\,mV \therefore |\varepsilon_{20}| = 80\,mV$$

Fique por dentro

Lei de Faraday

Com esse simulador, você pode variar a posição de um ímã dentro de espiras para investigar como é a lei de Faraday-Neumann.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law>.

Acesso em: 28 ago. 2020.

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Uece) Se um fio metálico retilíneo estiver conduzindo corrente elétrica e for aproximado à parte superior de uma bússola,

a) o ponteiro da bússola se alinha com a perpendicular do fio.

b) o ponteiro da bússola se alinha em paralelo ao fio.

c) o ponteiro da bússola se alinha em uma posição intermediária entre as direções paralela e perpendicular ao fio.

d) a bússola não é afetada pela corrente elétrica.

2. (PUC-RJ) Cientistas creem ter encontrado o tão esperado "bóson de Higgs" em experimentos de colisão próton-próton com energia inédita de 4 TeV (teraelétron-Volts) no grande colisor de hádrons, LHC. Os prótons, de massa $1{,}7 \cdot 10^{-27}$ kg e carga elétrica $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, estão praticamente à velocidade da luz $(3 \cdot 10^8\ m\ s^{-1})$ e se mantêm em uma trajetória circular graças ao campo magnético de 8 Tesla, perpendicular à trajetória dos prótons.

Com estes dados, a força de deflexão magnética sofrida pelos prótons no LHC é em Newton:

a) $3{,}8 \cdot 10^{-10}$

b) $1{,}3 \cdot 10^{-18}$

c) $4{,}1 \cdot 10^{-18}$

d) $5{,}1 \cdot 10^{-19}$

e) $1{,}9 \cdot 10^{-10}$

3. (Enem) Para demonstrar o processo de transformação de energia mecânica em elétrica, um estudante constrói um pequeno gerador utilizando:

- um fio de cobre de diâmetro *D* enrolado em *N* espiras circulares de área *A*;
- dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade *B*; e
- um sistema de engrenagens que lhe permite girar as espiras em torno de um eixo com uma frequência *f*.

Ao fazer o gerador funcionar, o estudante obteve uma tensão máxima *V* e uma corrente de curto-circuito *i*.

Para dobrar o valor da tensão máxima *V* do gerador mantendo constante o valor da corrente de curto *i*, o estudante deve dobrar o(a)

a) número de espiras.

b) frequência de giro.

c) intensidade do campo magnético.

d) área das espiras.

e) diâmetro do fio.

4. Existem lanternas que não necessitam do uso de pilhas; elas são constituídas por bobinas e ímãs que podem ser movimentados. Ao balançar a lanterna, o ímã pode passar por dentro da bobina.

Explique o funcionamento desse equipamento utilizando os conhecimentos desenvolvidos neste Tema.

5. (UEM-PR) Um solenoide é um dispositivo físico composto de um conjunto de espiras circulares capaz de gerar um campo magnético em seu interior, quando submetido a uma diferença de potencial. Este dispositivo pode ser encontrado, por exemplo, no sistema do "motor de arranque" de carros de passeio. Considere a permeabilidade magnética no vácuo como sendo $4\pi \cdot 10^{-7}\ T \cdot m\ A^{-1}$, $\pi = 3{,}14$ e desconsidere o campo magnético terrestre. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

(01) Quando uma pessoa gira a chave para dar partida em seu carro, uma corrente elétrica de 20 A percorre o solenoide do "motor de arranque" e gera um campo magnético de aproximadamente $25 \cdot 10^{-3}$ T em seu interior. Esse solenoide tem um comprimento de 20 cm e possui 200 espiras.

(02) O campo magnético gerado no interior de um solenoide percorrido por uma corrente elétrica, excluindo-se os efeitos das bordas, é um campo uniforme.

(04) Se este dispositivo for composto de uma única espira de raio 5,0 cm, o campo magnético no centro desta espira, quando a corrente elétrica é de 20 A, é menor do que $0{,}3 \cdot 10^{-3}$ T.

Retome com os estudantes que a unidade de medida de energia, o elétron-volt (eV) é equivalente a $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.

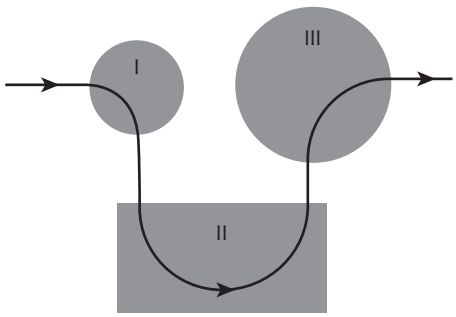
MODERNA

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

(08) Um ímã é aproximado com velocidade constante do solenoide. Devido a essa aproximação, um campo magnético é gerado no solenoide de modo a aumentar a variação do fluxo magnético através das espiras do solenoide.

(16) Um ímã no formato de uma haste é inserido no solenoide e dele retirado numa frequência de 30 vezes por minuto. Devido a esse movimento do ímã em relação ao solenoide, uma tensão elétrica alternada é induzida no solenoide.

6. (UFRGS) Na figura abaixo, está representada a trajetória de uma partícula de carga negativa que atravessa três regiões onde existem campos magnéticos uniformes e perpendiculares à trajetória da partícula.



Nas regiões I e III, as trajetórias são quartos de circunferências e, na região II, a trajetória é uma semicircunferência. A partir da trajetória representada, pode-se afirmar corretamente que os campos magnéticos nas regiões I, II e III, em relação à página, estão, respectivamente,

a) entrando, saindo e entrando.
b) entrando, saindo e saindo.
c) saindo, saindo e entrando.
d) entrando, entrando e entrando.
e) saindo, entrando e saindo.

7. (UEM-PR) Uma espira quadrada de 10,0 cm de lado e resistência de 1,0 Ω se movimenta em linha reta no vácuo a uma velocidade constante de 50,0 cm s^{-1}. A espira atravessa uma região do espaço onde existe um campo magnético constante e uniforme de 0,5 T, que está orientado perpendicularmente à área da espira. Com base nessas informações, analise as alternativas e indique o que for correto.

(01) O fluxo magnético que flui na espira, quando ela está completamente imersa no campo magnético, é de 0,005 Wb.

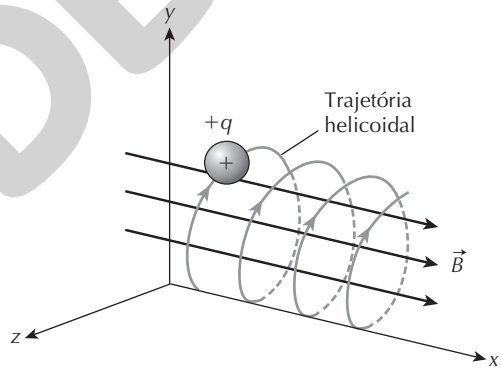
(02) A força eletromotriz induzida na espira, quando ela entra na região de campo magnético, é de 5,0 V.

(04) Quando a espira sai da região de campo magnético, uma corrente elétrica é induzida na espira no sentido de gerar uma força magnética que se oponha a tal movimento.

(08) A intensidade da corrente elétrica induzida na espira, quando ela sai da região de campo magnético, é de 25,0 A.

(16) A força eletromotriz e a intensidade da corrente elétrica induzidas na espira, quando ela está totalmente imersa no campo magnético, são nulas.

8. (Enem) O espectrômetro de massa de tempo de voo é um dispositivo utilizado para medir a massa de íons. Nele, um íon de carga elétrica q é lançado em uma região de campo magnético constante $\vec{B}$, descrevendo uma trajetória helicoidal, conforme a figura. Essa trajetória é formada pela composição de um movimento circular uniforme no plano yz e uma translação ao longo do eixo x. A vantagem desse dispositivo é que a velocidade angular do movimento helicoidal do íon é independente de sua velocidade inicial. O dispositivo então mede o tempo t de voo para N voltas do íon. Logo, com base nos valores q, B, N e t, pode-se determinar a massa do íon.



A massa do íon medida por esse dispositivo será

a) $\frac{qBt}{2\pi N}$
b) $\frac{qBt}{\pi N}$
c) $\frac{2qBt}{\pi N}$
d) $\frac{qBt}{N}$
e) $\frac{2qBt}{N}$

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

TEMA 5

Corrosão

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT107; EM13CNT205; EM13CNT306

Comente que o óxido de cálcio é popularmente conhecido como cal viva ou cal virgem e que a reação com o sulfato leva à formação de gesso, material mais frágil que o concreto, entre outros compostos.

A **corrosão** é um processo espontâneo que resulta da ação do meio sobre um material, provocando sua deterioração. Embora frequentemente associada a materiais metálicos, também é possível considerar corrosão a degradação de materiais não metálicos por ação do meio. Veja alguns exemplos:

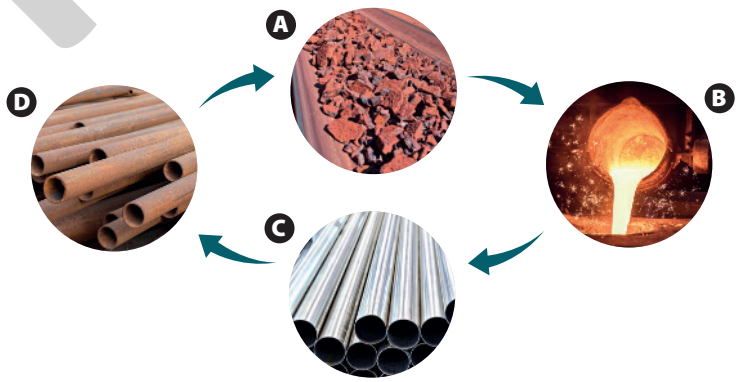
- deterioração do concreto, resultante da reação de íons sulfato (SO_4^{2-}) com o óxido de cálcio (CaO) presente no cimento *portland*;
- perda de elasticidade da borracha, resultando em rachaduras no material, em função da reação com o ozônio (O_3);
- perda de resistência da madeira devido ao contato com soluções ácidas, isto é, soluções que apresentam pH $<$ 7, em função de transformações químicas da celulose.

O conceito de pH é estudado na Unidade **Água**.

A corrosão afeta diversas atividades econômicas além da indústria de eletroeletrônicos, como o setor petroquímico, da construção civil, automobilístico, de telecomunicações, da saúde (próteses ortopédicas, instrumentos cirúrgicos, implantes dentários e aparelhos ortodônticos são suscetíveis, por exemplo), podendo atingir até obras de arte, como monumentos e esculturas. Segundo a Organização Mundial de Corrosão, em 2018, a estimativa de todo gasto anual com corrosão era superior a 3% do produto interno bruto (PIB) mundial, o equivalente a mais de 2,5 bilhões de dólares. Se não for inibida, além de prejuízos econômicos, como os associados ao menor desempenho e vida útil de equipamentos, a corrosão pode causar acidentes com dispositivos ou estruturas danificados e poluição ambiental.

Os princípios básicos da oxirredução são estudados nas Unidades **Energia e vida** e **Processos metalúrgicos extrativos**. Pilhas e baterias são estudadas na Unidade **Desenvolvimento sustentável**.

Entre os processos de corrosão, destacamos a corrosão dos metais. Ela pode ocorrer por meio de reações de transferência de elétrons entre espécies químicas, as chamadas **reações de oxirredução**. O principal produto da corrosão do ferro metálico (Fe), o óxido de ferro(III) hidratado ($Fe_2O_3 \cdot x\,H_2O$), é semelhante ao óxido de ferro(III) (Fe_2O_3) encontrado na hematita, minério do qual o metal ferro costuma ser obtido por processos metalúrgicos. No cotidiano, é possível perceber a formação espontânea da ferrugem em objetos com ferro metálico em sua composição; no entanto, a obtenção do ferro metálico a partir da ferrugem não é notada. Por que não se observa o processo inverso ocorrendo naturalmente? Diferentemente da corrosão; os processos metalúrgicos requerem energia, ou seja, eles não são espontâneos, pois as substâncias compostas contendo o elemento químico metálico encontradas nos minérios são mais estáveis que as substâncias simples metálicas. Note que metalurgia e corrosão são processos estreitamente relacionados. Ambos fazem parte do chamado **ciclo dos metais** (**Fig. 5.1**).



A) A.PAES/SHUTTERSTOCK; B) MONTY RAKUSEN/CULTURA RF/GETTY IMAGES; C) SERGEYRYZHOV/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES; D) SERGEI TELENKOV/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Figura 5.1 Ciclo dos metais. O minério é extraído das jazidas (**A**) e processado nas usinas metalúrgicas (**B**), para obter substâncias simples metálicas (**C**) das substâncias compostas nele presentes, em um processo que depende do gasto de energia. Com o passar do tempo, dependendo das condições do meio, os objetos metálicos passam por corrosão (**D**). Assim, as substâncias simples metálicas são transformadas em substâncias compostas similares às encontradas nos minérios, em um processo que libera energia, fechando o ciclo.

Os conceitos de substância simples e composta, assim como os processos metalúrgicos, são estudados na Unidade **Humanos, metais e máquinas**. Comente que a quantidade variável de água de hidratação do óxido de ferro(III) que se forma no processo de enferrujamento foi representada pela incógnita *x*.

Fique por dentro

Praia do Futuro é dona do título de lugar com maresia mais forte do Brasil

A reportagem apresenta impactos estruturais e financeiros da corrosão associada à elevada maresia da praia cearense. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/6421334/>.

Galvanoplastia: orientações para o controle ambiental

PEREZ, I. C.; CORRÊA, R. G.; PIRES, J. L. (org.). 2. ed. Rio de Janeiro: Inea, 2014.

Essa publicação traz detalhes do processo de eletrodeposição industrial e dos agentes poluidores associados.

Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/6-Galvanoplastia-2%C2%AA-ed..pdf>.

Acessos em: 26 ago. 2020.

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

Sinalize que os processos de oxidação e de redução são simultâneos e reversíveis. Reforce os balanços de quantidade de matéria e de carga das semirreações.

Neste Tema, abordaremos em detalhes a corrosão eletroquímica, que é aquela que afeta significativamente os materiais metálicos, usando a formação da ferrugem como exemplo.

Estudo da formação da ferrugem

A formação da ferrugem é uma transformação química, pois os produtos formados nesse processo apresentam propriedades diferentes dos reagentes. A resistência mecânica é uma das propriedades que se altera, uma vez que o material enferrujado é menos resistente do que o material não enferrujado. A ferrugem torna os materiais mais frágeis ao longo do tempo, comprometendo, assim, a integridade física das estruturas metálicas. A corrosão do ferro é um processo eletroquímico complexo que envolve a presença de água (H_2O) e gás oxigênio (O_2). Uma forma eficiente de compreender esse processo é discutir uma adaptação da experiência da gota salina publicada em 1926 pelo químico inglês Ulick Richardson Evans (1889-1980). Nessa adaptação, simula-se a corrosão em uma tampa metálica de garrafa.

Considere que, inicialmente, removemos com uma lixa a tinta da parte superior de uma tampa metálica de garrafa. Sobre a tampa, colocamos uma gota de solução aquosa do sal cloreto de sódio, NaCl, em concentração similar à que o material estaria exposto em um ambiente com **maresia**, além dos indicadores hexacianidoferrato(III) de potássio, $K_3[Fe(CN)_6]$, e fenolftaleína, $C_{20}H_{14}O_4$. Três instantes deste experimento são apresentados na **Figura 5.2**.

FOTOS: DOTTA2

Figura 5.2 Gota salina sobre uma tampa metálica. **(A)** Aspecto do meio reacional logo após o gotejamento da solução contendo cloreto de sódio e os indicadores hexacianidoferrato(III) de potássio e fenolftaleína. **(B)** Aspecto do meio reacional alguns minutos após o gotejamento da solução. **(C)** Formação de ferrugem na parte exposta da tampa metálica aproximadamente 24 horas após o contato com o meio corrosivo (gota salina).

O uso de **indicadores** tem como objetivo evidenciar a ocorrência de transformações químicas que não são perceptíveis a olho nu. A solução alcoólica de fenolftaleína em pH > 8, ou seja, quando há um aumento na concentração de íons hidróxido (OH^-) no meio reacional, muda de incolor para rósea; ao passo que a solução aquosa de hexacianidoferrato(III) de potássio muda de amarela para azulada, cor característica do composto conhecido como azul da Prússia ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$), que se forma em decorrência da presença dos íons ferro(II) e ferro(III). Desde o início da experiência (**Fig. 5.2 A**), é possível perceber uma segregação entre o local em que predominantemente ocorre a formação de íons OH^- e a região em que se formam predominantemente íons de ferro (**Fig. 5.2 B**). Após algumas horas, é possível perceber a formação de um sólido de coloração marrom (**Fig. 5.2 C**).

Com base nos resultados experimentais, podemos inferir que o processo de corrosão do ferro envolve a transferência de elétrons dos átomos de ferro para o gás oxigênio dissolvido em água, levando à formação de íons Fe(II) e hidróxido. Em processos como esse, os elétrons se movem do **ânodo** (polo negativo), região em que ocorre a oxidação – perda de elétrons – de uma espécie química, para o **cátodo** (polo positivo), região em que há redução – ganho de elétrons – de uma espécie química.

A formação dos íons $Fe^{2+}(aq)$ pode ser descrita pela **semirreação de oxidação** do ferro metálico:

$$Fe(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-$$

A coloração rósea surge e é intensificada com o aumento da quantidade de ânions $OH^-(aq)$ na solução, produto da **semirreação de redução** do gás oxigênio na presença de água:

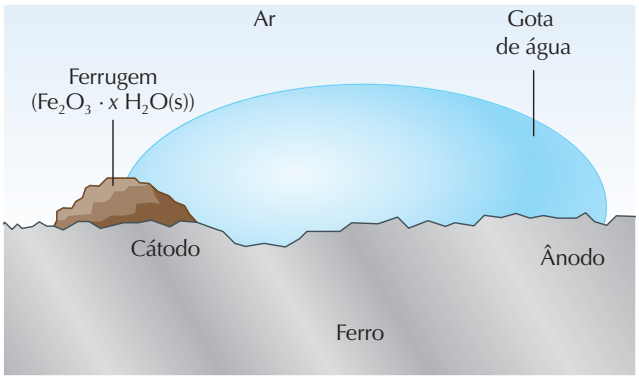
$$O_2(g) + 2\,H_2O(l) + 4\,e^- \rightleftharpoons 4\,OH^-(aq)$$

Assim, o ferro metálico é oxidado pelo gás oxigênio ao mesmo tempo que o gás oxigênio é reduzido pelo ferro metálico, desde que a superfície do metal esteja em contato com a água, pois, além de participar da reação, ela fornece um meio para que ocorra o fluxo dos íons entre as regiões anódica e catódica. Em uma reação de oxirredução, a espécie química que reduz é o **agente oxidante**, enquanto a espécie química que oxida é o **agente redutor**. Nesse exemplo, $O_2(g)$ é o agente oxidante, e Fe(s) é o agente redutor.

Os íons $Fe^{2+}(aq)$ reagem com os íons $OH^-(aq)$ e precipitam na forma de hidróxido de ferro(II), $Fe(OH)_2$, um composto insolúvel. Posteriormente, o $Fe^{2+}(aq)$ é oxidado transformando-se em $Fe^{3+}(aq)$ e se forma o hidróxido de ferro(III), $Fe(OH)_3$. Esse hidróxido é desidratado parcialmente, formando óxido de ferro(III) com uma quantidade variável de moléculas de água associada à sua estrutura ($Fe_2O_3 \cdot x\,H_2O$). Esse **hidrato** é o composto característico da ferrugem.

A **Figura 5.3** apresenta um esquema simplificado da formação da ferrugem a partir da corrosão do ferro metálico. A equação química global é uma forma, embora limitada, de representar o processo:

$$4\,Fe(s) + 3\,O_2(g) + 2\,x\,H_2O(l) \longrightarrow 2\,Fe_2O_3 \cdot x\,H_2O(s)$$



ADILSON SECCO

Fonte consultada: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Figura 5.3 Representação esquemática simplificada da formação da ferrugem. Uma região da superfície do metal atua como cátodo e outra, como ânodo. Como o metal é condutor, os elétrons podem se mover de uma região para a outra. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

SEM FOTOCÓPIA

A corrosão é favorecida pela presença de íons dissolvidos, o que é geralmente evidente em materiais metálicos em áreas litorâneas e em locais onde se utiliza sal grosso para degelar estradas durante o inverno. Além de aumentar a condutividade elétrica do meio, os íons em solução diminuem a eficiência de formação da **camada de passivação**. Esse tipo de estrutura consiste em uma película de óxido, hidreto ou sal do íon metálico que se forma sobre a superfície do metal, impedindo o contato dele com o meio corrosivo. Como as transformações químicas dependem da interação entre os reagentes, situações que dificultem o contato entre os materiais metálicos e os agentes oxidantes, presentes no meio corrosivo, tendem a diminuir a rapidez da reação de oxirredução.

:: Como avaliar a tendência de a corrosão ocorrer?

O zinco metálico (Zn) é facilmente oxidado nas condições ambiente (temperatura de 25 °C e pressão de 1 atm); já o cobre (Cu) e a prata (Ag) são mais resistentes à corrosão; outros, como o ouro (Au), praticamente não se alteram no ambiente. Determinar se um metal pode oxidar em certas condições é uma questão de grande importância prática e de interesse para a indústria.

De acordo com as reações que envolvem zinco metálico, por exemplo, não seria adequado armazenar uma solução ácida em um recipiente que contivesse esse metal em sua composição, pois o recipiente seria corroído com a transformação de seus átomos (Zn) em cátions (Zn^{2+}), que passariam à solução. Projetos de tubulações e caldeiras também devem levar esse fator em consideração, pois, além da corrosão do metal, o produto transportado ou armazenado pode ser contaminado pelos cátions metálicos formados.

Estudaremos a seguir como é possível prever os processos de oxirredução e, assim, evitá-los ou favorecê-los, de acordo com os nossos interesses.

Os potenciais-padrão de redução

A tendência de uma reação de oxirredução ocorrer espontaneamente pode ser inicialmente avaliada por meio da comparação dos valores de **potencial-padrão de redução** ($E°_{red}$) do metal e das espécies químicas presentes no meio corrosivo. As medidas de $E°_{red}$ são obtidas a partir de um referencial, em geral o **eletrodo-padrão de hidrogênio** (EPH), para o qual se define que o potencial-padrão de redução é nulo. O EPH consiste em um fio de platina (Pt) conectado a uma lâmina desse mesmo metal inerte encapsulados em um tubo de vidro. Esse tubo fica imerso em uma solução aquosa de íons H^+ e no seu interior se borbulha gás hidrogênio (H_2). A medição do $E°_{red}$ é realizada em uma **célula galvânica**, que é uma montagem, geralmente, com dois compartimentos, as semicélulas, conectados por uma ponte salina ou uma membrana porosa (**Fig. 5.4**).

Frise, durante a discussão, o caráter relativo das medidas de potenciais-padrão. Se outro eletrodo de referência for utilizado, valores diferentes serão obtidos.

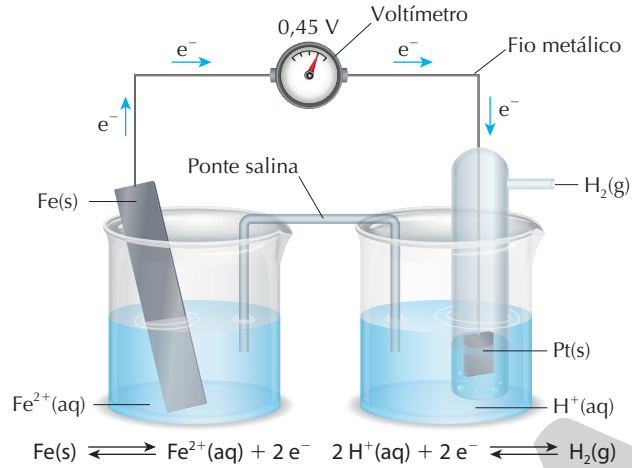


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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 5.4 Representação esquemática da medida experimental do potencial-padrão de redução do ferro em relação ao EPH, a 25 °C. Nas condições-padrão, as soluções têm concentração em quantidade de matéria igual a 1,0 mol L^{-1} e os gases estão a 1 bar de pressão. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Mais detalhes sobre o EPH são encontrados na Unidade **Energia e vida**.

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 (N_A).

A ponte salina consiste em um tubo preenchido com uma solução concentrada de um sal inerte nas condições reacionais presentes. A ponte salina ou a membrana porosa permitem que o aparato continue funcionando ao garantir a manutenção da neutralidade elétrica das soluções em cada compartimento.

Comente que a ddp também é chamada de tensão elétrica.

Em uma semicélula, ocorre a semirreação de oxidação, enquanto na outra ocorre a semirreação de redução, e os elétrons migram do ânodo para o cátodo em função de uma **diferença de potencial elétrico** (ddp), grandeza medida em volts (V) no SI.

A ddp da célula galvânica depende das reações específicas ocorridas, das concentrações das espécies químicas e da temperatura. Por convenção, ela é descrita em função dos potenciais-padrão de redução dos eletrodos de acordo com a equação a seguir.

$$E°_{\text{célula galvânica}} = E°_{red}(\text{cátodo}) - E°_{red}(\text{ânodo})$$

Considerando a célula galvânica representada na **Figura 5.4**, vamos calcular o $E°_{red}$ da semicélula de ferro:

$$E°_{\text{célula galvânica}} = E°_{red}(H^+/H_2) - E°_{red}(Fe^{2+}/Fe)$$

$$0{,}45\ \text{V} = 0 - E°_{red}(Fe^{2+}/Fe)$$

$$\therefore E°_{red}(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}45\ \text{V}$$

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

MODERNA

Os potenciais-padrão de redução de outras semirreações a 25 °C estão disponíveis para consulta no final deste Volume.

Conhecendo os potenciais-padrão de redução das espécies químicas envolvidas, é possível calcular o $E°_{\text{célula galvânica}}$ e, por meio dele, avaliar a tendência de a corrosão ocorrer, degradando o material constituído pelo metal analisado. Vamos retomar o exemplo da ferrugem.

Oxidação (ânodo): $Fe(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-$ $\qquad E°_{red} = -0{,}45\ V$

Redução (cátodo): $O_2(g) + 2\,H_2O(l) + 4\,e^- \rightleftharpoons 4\,OH^-(aq)$ $\qquad E°_{red} = +0{,}40\ V$

$E°_{\text{célula galvânica}} = E°_{red}(\text{semirreação de redução}) - E°_{red}(\text{semirreação de oxidação})$

$E°_{\text{célula galvânica}} = 0{,}40\ V - (-0{,}45\ V)$

$\therefore E°_{\text{célula galvânica}} = +0{,}85\ V$

Observamos que a reação de oxirredução é espontânea quando o $E°$ é positivo, ou seja, quando os elétrons são transferidos da espécie química que apresenta menor $E°_{red}$ para a espécie química que apresenta maior $E°_{red}$. Também podemos inferir que valores negativos de $E°$ indicam processos de oxirredução não espontâneos ou, em outras palavras, que só acontecerão se houver aporte de energia, como ocorre nos processos metalúrgicos.

De forma análoga, podemos avaliar, por exemplo, a tendência de haver corrosão do ferro metálico na presença de $Zn^{2+}(aq)$.

Oxidação (ânodo): $Fe(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-$ $\qquad E°_{red} = -0{,}45\ V$

Redução (cátodo): $Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ $\qquad E°_{red} = -0{,}76\ V$

$E°_{\text{célula galvânica}} = E°_{red}(\text{semirreação de redução}) - E°_{red}(\text{semirreação de oxidação})$

$E°_{\text{célula galvânica}} = -0{,}76\ V - (-0{,}45\ V)$

$\therefore E°_{\text{célula galvânica}} = -0{,}31\ V$

A diferença de potencial encontrada, menor que zero, indica que a reação analisada não ocorre de forma espontânea. Logo, o ferro metálico não tende a ser corroído na presença de íons $Zn^{2+}(aq)$. Porém, o zinco metálico tende a ser corroído na presença de íons $Fe^{2+}(aq)$, conforme representado a seguir. Note que o $E°_{red}$ do zinco é menor que o $E°_{red}$ do ferro. Quanto menor o potencial de redução de um metal, mais facilmente ele é oxidado.

$Fe^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Fe(s)$ $\qquad$ Redução

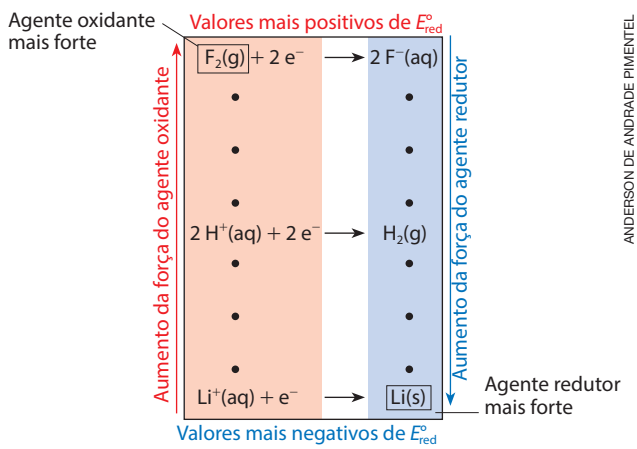
$Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$ $\qquad$ Oxidação

$Fe^{2+}(aq) + Zn(s) \rightleftharpoons Fe(s) + Zn^{2+}(aq)$ $\qquad$ Equação química global

O valor de $E°$, nesse caso, é igual a $+0{,}31$ V, ou seja, ao invertermos uma reação de oxirredução, seu valor de potencial tem o sinal trocado.

A **Figura 5.5** compara as forças relativas de agentes redutores e oxidantes organizados em função de seus potenciais-padrão de redução.

Note que, à medida que $E°_{red}$ se torna mais positivo, a capacidade oxidante das espécies químicas à esquerda do diagrama aumenta, de forma que os agentes oxidantes mais fortes estão no topo da tabela de potenciais-padrão de redução. Em contrapartida, conforme $E°_{red}$ fica mais negativo, a capacidade redutora das espécies químicas à direita aumenta, de forma que os agentes redutores mais fortes estão na base da tabela de potenciais-padrão de redução. A **Figura 5.5** também ajuda a compreender que o comportamento redutor ou oxidante depende dos potenciais de redução das espécies químicas envolvidas combinados.



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

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 5.5 Diagrama comparativo da capacidade redutora ou oxidante de espécies químicas em relação a seus potenciais-padrão de redução.

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

MODERNA

Antes de iniciar a discussão deste tópico, verifique a necessidade de fazer uma revisão com os estudantes sobre as propriedades dos logaritmos e das potências.

Potenciais de redução fora das condições-padrão

Em processos corrosivos do cotidiano, as condições de pressão, temperatura e concentração, geralmente, não são controladas nem são equivalentes às utilizadas nas determinações de potenciais-padrão de redução. Além disso, frequentemente os objetos metálicos são constituídos por misturas, e não por substâncias puras. Dessa forma, algumas reações que seriam possíveis de acordo com os valores de $E°_{red}$ podem não acontecer na prática, assim como reações que não seriam espontâneas com base na análise dos valores de $E°_{red}$ podem ser observadas.

O potencial de redução do eletrodo em concentrações não padronizadas (E_{red}) a 25 °C pode ser estimado com base em uma equação deduzida pelo químico alemão Walther Hermann Nernst (1864-1941), conforme descrito a seguir.

$$E_{red} = E°_{red} - \left(\frac{0{,}059\ V}{n}\right)\log\frac{(a_{Estado\ reduzido})^x}{(a_{Estado\ oxidado})^y}$$

Em que $E°_{red}$ é o potencial-padrão de redução do eletrodo, n é o número de elétrons envolvidos na semirreação, a é a atividade da espécie química, x e y são os coeficientes estequiométricos (estes são os números que antecedem cada fórmula em uma equação química). Para íons em solução diluída, considera-se a atividade igual à concentração em quantidade de matéria, ou seja, em mol L^{-1}, da espécie química. Para metais sólidos puros, convencionou-se a atividade igual a 1.

Vamos estimar o potencial de redução do ferro na condição em que uma barra de ferro metálico está imersa em uma solução aquosa 10^{-3} mol L^{-1} de íons Fe^{2+}, por exemplo. Para essa semirreação, como vimos, o potencial-padrão de redução é $-0{,}45$ V, Fe^{2+} é o estado oxidado, Fe é o estado reduzido, dois elétrons estão envolvidos no processo, logo, n é igual a 2, e o coeficiente estequiométrico dos íons Fe^{2+} é igual a 1. Assim:

$$E_{red}(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}45\ V - \left(\frac{0{,}059\ V}{2}\right)\log\frac{1}{10^{-3}}$$

$$E_{red}(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}45\ V - \left(\frac{0{,}059\ V}{2}\right)\log 10^{3}$$

$$E_{red}(Fe^{2+}/Fe) = -0{,}45\ V - (0{,}0295\ V) \cdot 3$$

$$\therefore\ E_{red}(Fe^{2+}/Fe) \approx -0{,}54\ V$$

O potencial de redução estimado ($E°$) é inferior ao obtido na concentração-padrão ($E°_{red}$). Assim, com base na **Figura 5.5**, podemos inferir que, em concentrações inferiores à padrão (1,0 mol L^{-1}), o íon Fe^{2+} torna-se um agente oxidante mais fraco, visto que sua tendência a reduzir é menor nas condições descritas. De maneira análoga, se a concentração de íons Fe^{2+} for superior a 1 mol L^{-1}, o potencial de redução será superior a $-0{,}45$ V.

Para avaliar a tendência da corrosão fora das condições-padrão, também podemos aplicar a equação de Nernst.

Quociente de reação também é abordado na Unidade **Produção e conservação de alimentos**. Se essa Unidade já tiver sido estudada, você pode complementar a discussão relacionando-a com o princípio de Le Chatelier.

No entanto, substituímos a razão entre as atividades do estado reduzido e oxidado pelo **quociente de reação** (Q), que é a razão entre as concentrações dos produtos e as concentrações dos reagentes, elevadas aos respectivos coeficientes estequiométricos. Se houver espécies químicas gasosas, podemos usar, no lugar das concentrações, suas pressões parciais (p), as quais são diretamente proporcionais à quantidade de matéria de cada gás em uma mistura gasosa.

Vamos avaliar a tendência de corrosão do ferro metálico por um meio ácido, na ausência de gás oxigênio e a 25 °C, em que $[H^+] = 0{,}1$ mol L^{-1}; $[Fe^{2+}] = 0{,}001$ mol L^{-1} e $pH_2 = 1$ bar.

$$1\ Fe(s) + 2\ H^+(aq) \rightleftharpoons 1\ Fe^{2+}(aq) + 1\ H_2(g) \quad E° = -0{,}45\ V$$

$$E_{célula\ galvânica} = E°_{célula\ galvânica} - \left(\frac{0{,}059\ V}{n}\right)\log Q$$

$$E_{célula\ galvânica} = -0{,}45\ V - \left(\frac{0{,}059\ V}{2}\right)\log\frac{[Fe^{2+}]^1(pH_2)^1}{[H^+]^2}$$

$$E_{célula\ galvânica} = -0{,}45\ V - (0{,}0295\ V)\log\frac{10^{-3}}{(10^{-1})^2}$$

$$E_{célula\ galvânica} = -0{,}45\ V - (0{,}0295\ V)\log\frac{10^{-3}}{10^{-2}}$$

$$E_{célula\ galvânica} = -0{,}45\ V - (0{,}0295\ V)\log 10^{-1}$$

$$E_{célula\ galvânica} = -0{,}45\ V - (0{,}0295\ V)\ (-1)$$

$$E_{célula\ galvânica} = -0{,}45\ V + 0{,}0295\ V$$

$$\therefore\ E_{célula\ galvânica} \approx -0{,}42\ V$$

Note que a ddp da célula galvânica avaliada é menor que zero e, portanto, o processo não é espontâneo, ou seja, o ferro metálico não tende a ser corroído nessas condições.

Independentemente de se utilizar a tabela de potenciais-padrão de redução ou a equação de Nernst para avaliar a tendência de a corrosão ocorrer, é preciso ter em mente que elas apresentam a limitação de não trazerem informações sobre a rapidez das transformações químicas. Em termos práticos, isso significa que um processo corrosivo pode não ser observado, mesmo que ele tenha tendência a ocorrer, se a cinética da reação for muito lenta.

Cinética química é estudada na Unidade **Produção e conservação de alimentos**.

Proteção contra corrosão

Evitar a corrosão é um desafio permanente, e muitas pesquisas são realizadas em universidades, institutos de pesquisa e indústrias em busca de novas e melhores técnicas anticorrosão. Um exemplo é o trabalho publicado em 2019 por pesquisadores de uma faculdade paulista que avalia o potencial do uso de extratos de chá-preto (*Ilex paraguariensis*) e de chá verde (*Camelia sinensis*) como inibidores da corrosão do aço em meio ácido.

Os **inibidores** de corrosão são compostos orgânicos ou inorgânicos, como aminas e fosfatos, adicionados ao meio corrosivo que, por diversos mecanismos, reduzem ou impedem as reações de oxirredução. Há inibidores de corrosão, por exemplo, que agem dificultando o contato entre os

Frise que, na determinação do potencial de redução de uma espécie química, n é numericamente igual ao coeficiente estequiométrico do elétron na semirreação do eletrodo balanceada com os menores números inteiros possíveis. Se julgar conveniente, apresente a forma geral da equação de Nernst, que pode ser aplicada a qualquer temperatura.

A equação de Nernst só é aplicável nas condições em que o sistema pode atingir o equilíbrio, o que, geralmente, não é o caso em ambientes corrosivos. Assim, os potenciais só podem ser determinados com exatidão por meio de medidas experimentais.

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

reagentes. Alguns por reagirem com o gás oxigênio, outros por formarem uma película sobre a superfície metálica.

Por exemplo, na formação da ferrugem, há três reagentes principais: água, gás oxigênio e ferro metálico. A água, na fase líquida e na forma de vapor, e o gás oxigênio estão presentes no ar. Assim, ao impedir o contato do ar úmido com o ferro, a ferrugem tende a não ser formada. Para evitar esse contato, pode-se fazer o **recobrimento** das estruturas e dos equipamentos que contêm ferro metálico em sua composição com um material impermeável, para impedir a absorção de água, e inerte, ou seja, que não reage com as substâncias envolvidas. Esse material costuma ser uma tinta. Entretanto, em qualquer tinta ocorre o desgaste físico-químico da película pela ação de chuvas, calor, ventos, choques mecânicos etc. Assim, é necessário fazer a manutenção da pintura, pois, uma vez exposto ao ar, o metal fica novamente vulnerável à corrosão (**Fig. 5.6**). Observe, na **Figura 5.2**, que, para a ocorrência da formação de ferrugem no experimento da gota salina, foi necessário remover a tinta da tampa.

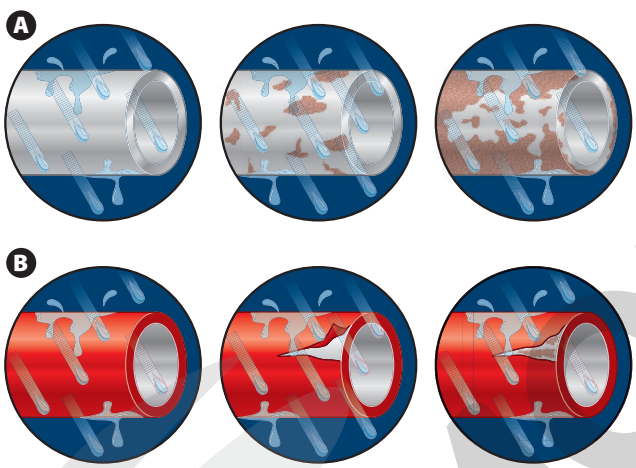


Figura 5.6 Proteção por barreira. **(A)** Representação esquemática da formação da ferrugem em uma estrutura de ferro sem proteção externa. **(B)** Representação esquemática de uma estrutura de ferro recoberta por uma camada de tinta, que, desgastada, não impede a corrosão. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Proteção anódica

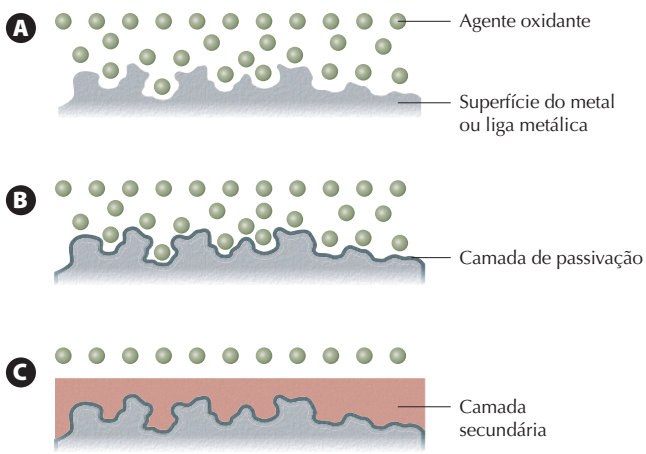
Algumas tintas têm pigmentos que reagem formando uma camada de material insolúvel sobre a superfície do metal quando os agentes corrosivos atravessam a película formada pela tinta. O zarcão, muito utilizado para proteger tubulações industriais, grades e portões, é um exemplo (**Fig. 5.7**). Essa tinta consiste em uma suspensão oleosa do óxido Pb_3O_4, um pigmento anticorrosivo. No entanto, devido aos riscos de contaminação do ambiente e intoxicação de plantas e animais decorrentes do uso de um composto contendo chumbo, a produção e o uso desse tipo de revestimento estão sendo restringidos ou mesmo proibidos no Brasil e no mundo. Como opção tem-se o fosfato de zinco, $Zn_3(PO_4)_2$, entre outros.

FERNANDO FAVORETTO/CRIAR IMAGEM

Figura 5.7 Tinta zarcão sendo aplicada a um portão de ferro. Como esse revestimento contém chumbo (Pb) em sua composição, sua aplicação deve ser cuidadosa para evitar riscos à saúde e ao ambiente. Se julgar conveniente, comente que o Pb_3O_4 é um óxido misto em que o chumbo aparece em dois estados de oxidação (II e IV).

Como vimos, a formação de uma camada fina, compacta e aderente de material insolúvel que acaba isolando o metal do ambiente e dificultando o progresso da corrosão é conhecida como **passivação**. Esta é uma forma de **proteção anódica**.

Alguns metais, como o alumínio, formam uma camada de passivação espontaneamente quando em contato com o ar. No entanto, esse fenômeno pode ser empregado industrialmente para produzir peças metálicas quimicamente mais resistentes, pela oxidação prévia controlada da peça. O ferro, por exemplo, pode ser passivado ao ser colocado em contato com ácido nítrico concentrado $HNO_3(aq)$, que é um forte agente oxidante. Um resultado ainda melhor pode ser obtido se uma segunda camada protetora for formada pela aplicação de uma tinta com pigmentos anticorrosivos. A **Figura 5.8** apresenta, simplificadamente, o processo de passivação de um metal ou liga metálica.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 5.8 Representação esquemática simplificada do processo de passivação de um metal ou liga metálica. **(A)** Metal exposto ao agente oxidante. **(B)** Formação da camada de passivação na superfície do material metálico. **(C)** Preenchimento de irregularidades da superfície com uma segunda camada protetora. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Comente que a passivação do ferro não ocorre se o ácido nítrico estiver diluído. Nesse caso, o material tende a ser completamente corroído. Comente também que é devido à passivação que a liga de ferro, carbono e crômio é chamada de aço inoxidável. Outro exemplo de passivação ocorre com o alumínio devido à formação de uma camada de óxido de alumínio (Al_2O_3) na superfície de peças desse metal.

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

EM OBRA

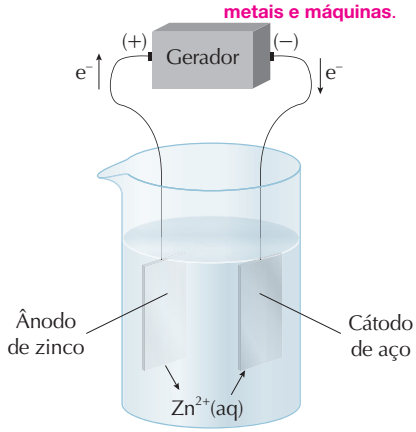
Galvanoplastia e proteção catódica

Outra forma bastante eficaz de proteger uma superfície metálica contra a corrosão é a **galvanização**. Galvanizar uma peça de ferro consiste em revesti-la com uma fina camada de outro metal, comumente o zinco. Como o Zn(s) é um agente redutor mais forte que o Fe(s), o zinco metálico é oxidado preferencialmente ao ferro metálico. Assim, mesmo se o revestimento de zinco for desgastado e o ferro ficar exposto ao gás oxigênio e à umidade, o eletrodo de zinco age como ânodo e é corroído no lugar do eletrodo de ferro.

A galvanoplastia utiliza-se da passagem de corrente elétrica contínua por uma solução aquosa contendo o íon do metal que se quer depositar, um processo denominado **eletrólise**. A zincagem eletrolítica do aço, uma liga de ferro e carbono em que o ferro é o componente majoritário, é representada na **Figura 5.9**.

A eletrólise com eletrodos inativos é estudada na Unidade **Humanos, metais e máquinas**.

LUIZ RUBIO



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. 13. ed. Tradução Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Figura 5.9 Representação esquemática do processo de galvanização do aço por zinco. A galvanoplastia não é o único método possível para recobrir um metal com outro. A zincagem, por exemplo, também pode ser feita por imersão do objeto em zinco fundido. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os eletrodos da célula eletroquímica são uma lâmina de zinco metálico e a peça de aço que será galvanizada. Os eletrodos são imersos em solução aquosa de sulfato de zinco ($ZnSO_4$). As espécies presentes no meio reacional que poderiam ser reduzidas são os cátions $Zn^{2+}(aq)$, a água e os cátions $H^+(aq)$ provenientes de sua autoionização; as espécies passíveis de oxidação são os ânions $SO_4^{2-}(aq)$, a água e os ânions $OH^-(aq)$ provenientes de sua autoionização. Em função das concentrações das espécies químicas e de seus potenciais de redução, observa-se que os cátions $Zn^{2+}(aq)$ são reduzidos no cátodo e que o Zn(s) é oxidado no ânodo. Assim, as equações químicas das semirreações que ocorrem em cada eletrodo são:

$Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$ Ânodo (lâmina de zinco)

$Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Zn(s)$ Cátodo (lâmina de aço)

Se escrevêssemos a equação global, pareceria que nada ocorreu. Porém, durante a eletrólise, átomos de zinco do ânodo são transferidos para a superfície do cátodo de aço, galvanizando-o. Por se tratar de uma reação não espontânea, é necessário aplicar uma diferença de potencial para que ela aconteça, por esse motivo é empregado um gerador elétrico nesse processo.

Nos processos industriais de galvanização, o controle da quantidade de material depositado é de extrema importância para determinar a eficiência da proteção anticorrosiva. As relações entre a energia elétrica e as quantidades das substâncias produzidas e consumidas nos processos eletroquímicos foram estabelecidas entre o início do século XIX e o início do século XX e podem ser resumidas, em linguagem atual, como: a quantidade de produto formado ou de reagente consumido pela passagem de uma corrente elétrica é estequiometricamente equivalente à quantidade de elétrons fornecida. A estequiometria refere-se às relações que se estabelecem com base na proporção entre os participantes de uma transformação química, explicitada pelos coeficientes estequiométricos das equações químicas balanceadas.

Por exemplo, na eletrólise de uma solução aquosa contendo íons $Zn^{2+}(aq)$, utilizada para galvanizar uma peça de aço, em que foi aplicada uma corrente elétrica de 0,5 A durante 1.930 s (aproximadamente 32 minutos), qual é a massa de zinco depositada sobre a peça?

- Primeiro, calcula-se a quantidade de carga elétrica (Q) envolvida no processo, em coulomb (C), multiplicando a intensidade de corrente (i) que atravessa o circuito elétrico, em ampère (A), pelo tempo de funcionamento (t) da eletrólise, em segundo (s).

  $Q = it \Rightarrow Q = 0{,}5\ A \cdot 1.930\ s \therefore Q = 965\ C$

- Em seguida, determina-se a quantidade de matéria de elétrons correspondente, utilizando como fator de conversão a constante de Faraday ($96.500\ C\ mol^{-1}$).

Quantidade de carga	Quantidade de matéria
96.500 C	1 mol
965 C	$n(e^-)$

$$n(e^-) = \frac{965\ C \cdot 1\ mol}{96.500\ C} = 1 \cdot 10^{-2}\ mol$$

- Estabelece-se então a relação estequiométrica entre a quantidade de matéria de elétrons e a quantidade de matéria de metal depositado.

  A semirreação que ocorre no cátodo é:

$$Zn^{2+}(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Zn(s)$$

Assim, para cada mol de zinco depositado, são necessários 2 mol de elétrons. Como $1 \cdot 10^{-2}$ mol de elétrons atravessam o circuito, a quantidade de zinco depositada é dada por:

Quantidade de matéria de elétrons	Quantidade de matéria de zinco
2 mol	1 mol
$1 \cdot 10^{-2}$ mol	$n(Zn)$

$$n(Zn) = \frac{1 \cdot 10^{-2}\ mol \cdot 1\ mol}{2\ mol} \approx 5 \cdot 10^{-3}\ mol$$

Se os estudantes já tiverem estudado a Unidade **Humanos, metais e máquinas**, discuta a zincagem eletrolítica com base na série de prioridade de descarga. Mostre que, em pH próximo de 7, situação na qual as concentrações dos íons provenientes da autoionização da água são baixas, Zn^{2+} é preferencialmente reduzido em relação à água e a água é mais facilmente oxidada que o SO_4^{2-}. Porém, nesse caso, os átomos de zinco que constituem o ânodo metálico também podem se oxidar. Como a reação de oxidação favorecida é aquela com menor $E°_{red}$, o Zn(s) é preferencialmente oxidado, e não a água.

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

MODERNA

Para enriquecer a discussão, solicite que os estudantes proponham um procedimento experimental para determinar a eficiência de uma eletrodeposição. Isso pode ser realizado por gravimetria, ou seja, medindo a massa do objeto antes e após a galvanização.

- Por fim, determina-se a massa correspondente à quantidade de matéria de metal depositado utilizando como fator de conversão a massa molar (*M*) da espécie química. A massa molar é medida em g mol^{-1} e pode ser obtida a partir das massas atômicas disponíveis na tabela periódica. A conversão de massa atômica para massa molar é demonstrada na Unidade **Água**.

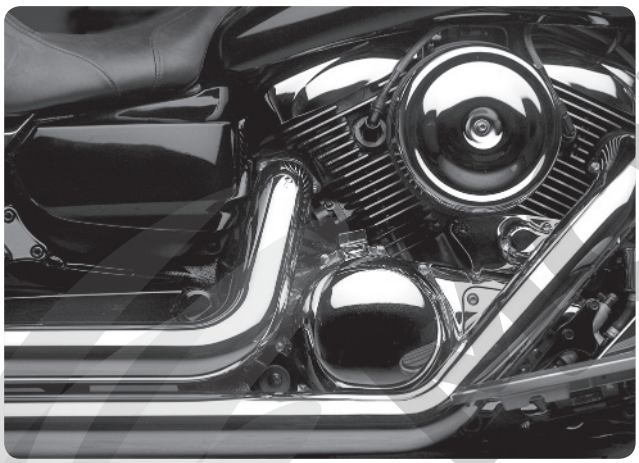
Quantidade de matéria de zinco	Massa de zinco
1 mol	65,4 g
$5 \cdot 10^{-3}$ mol	*m*(Zn)

$$m(\text{Zn}) = \frac{5 \cdot 10^{-3}\ \text{mol} \cdot 65{,}4\ \text{g}}{1\ \text{mol}}$$

$$\therefore\ m(\text{Zn}) = 0{,}327\ \text{g} = 327\ \text{mg}$$

Portanto, na galvanização da peça de aço, depositam-se aproximadamente 327 mg de zinco quando aplicada uma corrente de 0,5 A durante 1.930 s, com a condição de que o processo opere com 100% de eficiência, o que de maneira geral não ocorre.

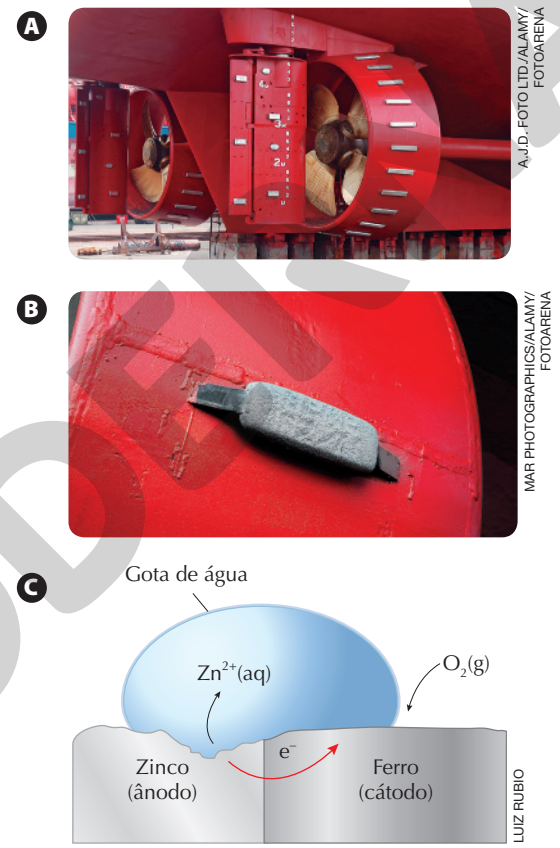
A galvanoplastia, além de melhorar a resistência à corrosão, também é empregada com fins estéticos e decorativos. A cromagem é bastante utilizada com esse propósito, pois o revestimento tem um aspecto brilhante (**Fig. 5.10**); no entanto, os íons Cr^{6+} têm elevada toxicidade e suas soluções devem ser manuseadas cuidadosamente para evitar riscos à saúde e ao ambiente.



6NORTH/E+/GETTY IMAGES

Figura 5.10 Motor de uma motocicleta cujas peças foram revestidas com crômio (Cr).

Galvanizar grandes estruturas metálicas, como encanamentos subterrâneos, cascos de navios e tanques de armazenamento de combustíveis, é operacionalmente inviável e seu custo, provavelmente, muito alto. Para serem protegidas da corrosão, essas estruturas geralmente são conectadas a pedaços de metais de menor $E°_{red}$, para que se tornem cátodos de uma célula eletroquímica. Por exemplo, barras de um metal mais fortemente redutor do que o ferro, como o magnésio (Mg) ou o zinco (Zn), podem ser fixadas ao longo do casco de um navio, como mostra a **Figura 5.11**. As barras funcionam como ânodos se oxidando preferencialmente e protegendo o casco do navio contra a corrosão. A proteção de um metal contra corrosão, tornando-o cátodo de uma célula eletroquímica, é denominada **proteção catódica**, e o metal que é oxidado enquanto protege o cátodo é chamado **metal de sacrifício**.



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. Tradução Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Figura 5.11 Proteção catódica por ânodo de zinco em casco de navio. (**A**) Vista inferior do navio. (**B**) Detalhe do casco com o ânodo de zinco fixado, material que precisa ser substituído periodicamente devido ao desgaste ocasionado pela corrosão. (**C**) Representação esquemática da célula eletroquímica. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Uece) Para minimizar os efeitos da corrosão nas chapas de ferro do casco de um navio, são fixadas plaquetas de um metal – metal de sacrifício ou eletrodo de sacrifício – que é oxidado em seu lugar. Na comparação com as características do ferro, o metal de sacrifício mais indicado é aquele que apresenta:

a) menor eletronegatividade.
b) menor poder de redução.
c) maior condutibilidade elétrica.
d) maior tenacidade.

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

2. (UPE) Analise o fragmento de tirinha mostrado a seguir.

PROFESSOR MÁRCIO MARTINS

(Disponível em: <http://lealchemyst.blogspot.com/2012/08/tirinhas-quimicas-um-tanto-heroicas.html>. Adaptado.)

A afirmação posta ao personagem está correta, porque, durante o processo de galvanização, ocorre

a) a troca do Fe por um metal mais resistente à oxidação.

b) a formação de uma camada de óxido ferroso que protege a peça metálica da oxidação.

c) a formação de uma camada polimérica de PVC sobre a peça, protegendo-a da oxidação.

d) um recobrimento da peça por uma camada de zinco, que protege a peça metálica da oxidação.

e) a formação de sulfetos de ferro II e III, que formam uma capa protetora sobre a peça, protegendo-a da oxidação.

3. É correto afirmar que, a 25 °C, o potencial de redução de um eletrodo de zinco construído pela imersão de uma placa de zinco em uma solução aquosa de íons Zn^{2+} a 1 mol L^{-1}

a) diminuirá se a concentração de íons Zn^{2+} for aumentada.

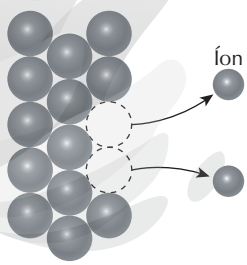
b) permanecerá inalterado se a concentração de íons Zn^{2+} for reduzida pela metade.

c) aumentará se a concentração de íons Zn^{2+} for diminuída.

d) permanecerá inalterado se a área da placa de zinco for duplicada.

4. A figura a seguir é uma representação em nível submicroscópico de um processo que ocorre em um eletrodo de uma célula galvânica. Identifique se o processo representado é uma oxidação ou uma redução. Justifique sua resposta.

ERICSON GUILHERME LUCIANO



(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

5. Até meados dos anos 1960, as latas utilizadas como embalagens de alimentos, como ervilhas, molhos de tomate e salsichas, eram constituídas de uma lâmina metálica de aço coberta por uma camada de estanho (Sn). Essa camada de estanho impedia o contato do aço com o líquido no interior da lata, contendo eletrólitos dissolvidos. Atualmente, as latas são revestidas por uma película elástica protetora. Quando as latas são amassadas, essa película não se rompe facilmente como a camada de estanho, expondo o produto em seu interior ao aço da embalagem. Sabendo que o aço é uma liga metálica formada principalmente por ferro, explique por que se recomendava que os consumidores não comprassem produtos cujas latas estivessem amassadas.

6. A Estátua da Liberdade (nos Estados Unidos), do artista francês Frédéric Auguste Bartholdi (1834-1904), é formada por chapas de cobre presas em uma armação de ferro, formando uma célula galvânica que acelera em até mil vezes a corrosão do ferro. Proponha uma possível solução para que não ocorra corrosão no monumento utilizando:

a) proteção catódica. **b)** proteção anódica.

7. A fim de estocar uma solução aquosa com íons $Ni^{2+}(aq)$, uma indústria dispõe dos seguintes metais para revestir seus tanques: prata, cobre, zinco e alumínio. Considerando que a ocorrência de reação entre os íons e o metal de revestimento pode alterar a composição da solução de forma indesejável, que metais disponíveis são mais apropriados para revestir o tanque de estocagem? Justifique sua resposta com base na tabela "Potenciais-padrão de redução em água a 25 °C", disponível para consulta ao final deste Volume.

A tabela a seguir apresenta informações sobre a resistência à corrosão de diferentes materiais quando em contato com diversos fluidos. Analise-a para responder às atividades 8 e 9.

Resistência à corrosão

Fluidos	Aço carbono	Aço inoxidável	Alumínio	Latão
Acetona	1	1	1	1
Ácido cítrico	X	X	1	X
Água do mar	2	1	X	2
Glicose	1	1	1	1
Gasolina	2	1	1	1
Mercúrio	1	1	X	X
Parafina derretida	2	1	1	X
Vinagre	X	2	X	X
Xarope de milho	1	1	1	1
Etanol	1	1	1	2
Detergente	2	1	1	1
Gordura animal	1	1	1	X
Melaço	2	1	2	X
Óleo de oliva	2	1	1	2
Querosene	1	1	1	1

1 — Recomendado em condições normais de uso

2 — Recomendado, com algumas restrições

X — Não recomendado

Fonte consultada: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Comissão de Gerenciamento, Tratamento e Destinação de Resíduos Perigosos. *Resistência de materiais à substâncias químicas* – embalagem. Disponível em: <http://www.resqui.unb.br/download/category/4-informacoes-uteis?download=11:resistencia-de-materiais-a-substancias-quimicas-embalagem>. Acesso em: 26 ago. 2020.

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

8. Quais das substâncias a seguir podem ser transportadas, sem restrições, em recipientes de latão?

a) Acetona, etanol e glicose.

b) Xarope de milho, glicose e detergente.

c) Ácido cítrico, mercúrio e vinagre.

d) Gasolina, óleo de oliva e água do mar.

e) Parafina derretida, melaço e acetona.

9. Analise as afirmações a seguir.

I. O latão é mais resistente à corrosão que o aço carbono.

II. O melaço e a água do mar apresentam o mesmo comportamento em relação aos materiais apresentados na tabela.

III. A acetona não é reduzida com facilidade.

IV. O melhor material a ser utilizado para captar água do mar é o aço inoxidável.

V. O aço inoxidável, por ser uma liga metálica, é pouco resistente.

Pode-se dizer que:

a) II e V estão corretas.

b) III e IV estão corretas.

c) I, II e III estão corretas.

d) II, III e IV estão corretas.

e) nenhuma delas está correta.

10. (PUC-RS) Para responder à questão, analise as informações a seguir. Em embarcações pequenas com casco de aço, é comum e vantajoso evitar a corrosão pelo método da proteção catódica. Esse método consiste no emprego de placas de metais ou ligas metálicas, as quais, ao serem conectadas eletricamente ao casco, são capazes de gerar uma diferença de potencial suficiente para manterem o metal do casco reduzido. No aço, o principal processo de oxidação pode ser representado por:

$Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2\ e^-$ $\quad E° = +0{,}44\ V$

Considerando as informações, a equação associada a um processo adequado de proteção catódica de um casco de aço é:

a) $2\ H^+(aq) + 2\ e^- \longrightarrow H_2(g)$ $\quad E° = 0{,}00\ V$

b) $Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \longrightarrow Cu^0(s)$ $\quad E° = +0{,}34\ V$

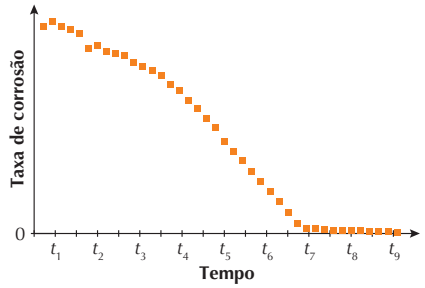
c) $Al^0(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3\ e^-$ $\quad E° = +1{,}66\ V$

d) $2\ Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2\ e^-$ $\quad E° = -1{,}36\ V$

e) $Ag^0(s) \longrightarrow Ag^+(aq) + e^-$ $\quad E° = -0{,}80\ V$

11. Considere uma liga metálica recém-produzida constituída fundamentalmente por alumínio. A taxa de corrosão dessa liga metálica foi monitorada em função do tempo, obtendo-se os resultados demonstrados no gráfico a seguir.

Corrosão da liga metálica recém-formada



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Pode-se supor que uma camada de passivação foi formada em:

a) t_1 **b)** t_2 **c)** t_7 **d)** t_9

e) nenhuma das alternativas anteriores. Esse material não forma camada de passivação.

12. Para ser utilizada no Brasil, a zincagem eletrolítica deve seguir padrões estipulados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como foi expresso na tabela a seguir.

Espessura (*e*) material	Massa mínima por unidade de área (g m^{-2})
$e < 1{,}0$ mm	350
$1{,}0\ mm < e < 3{,}0$ mm	400
$3{,}0\ mm < e < 6{,}0$ mm	500
$e > 6{,}0$ mm	600

Fonte consultada: ZEMPULSKI, L. N.; ZEMPULSKI, M. F. S. *Dossiê técnico*: galvanização eletrolítica. Instituto de Tecnologia do Pará, jul. 2007. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTM0>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Considerando que as situações descritas estão em condições-padrão e a 25 °C, responda.

a) Para que uma placa de ferro metálico de 30 m^2 e 3,5 mm de espessura seja galvanizada de acordo com as normas da ABNT, qual é a massa mínima, em kg, de zinco necessária?

b) Qual é a intensidade de corrente necessária para galvanizar em 20 horas uma peça de aço com 2 m^2 e 1,3 mm de espessura?

13. Com base na equação de Nernst e nas semirreações a seguir, demonstre por que a água régia, uma mistura de ácido nítrico e ácido clorídrico concentrados, corrói o ouro, enquanto a mistura dos ácidos nítrico e clorídrico nas concentrações-padrão não o faz.

$AuCl_4^-(aq) + 3\ e^- \longrightarrow Au(s) + 4\ Cl^-(aq)$ $\quad E°_{red} = +1{,}00\ V$

$NO_3^-(aq) + 4\ H^+(aq) + 3\ e^- \longrightarrow NO(g) + 2\ H_2O(l)$ $\quad E°_{red} = +0{,}96\ V$

Se a Unidade **Produção e conservação de alimentos** ainda não tiver sido estudada, informe que a água em fase líquida tem atividade igual a 1.

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 6

O mundo em escala nanométrica

Por dentro da BNCC

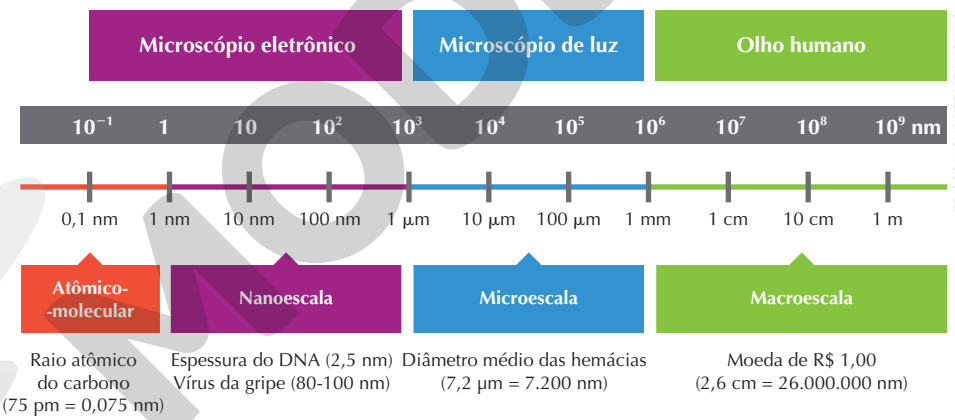
Competências gerais: 1; 3; 5; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT106; EM13CNT306; EM13CNT307

A Nanociência é o ramo das Ciências da Natureza voltado ao estudo e desenvolvimento de materiais com dimensões da ordem de unidades ou dezenas de nanômetros, denominados nanomateriais. Eles podem ocorrer naturalmente, como a cinza vulcânica e alguns minerais, ou ser produzidos por atividades humanas, o que engloba desde partículas expelidas pelo escapamento de veículos até processos controlados que permitem sintetizar partículas com tamanho e forma determinados. Os trabalhos realizados nessa área têm possibilitado avanços em áreas como Medicina, de cosméticos, energia, informática, remediação ambiental e na indústria têxtil.

A ordem de grandeza nano

Imagine uma criança com 1 metro de altura. Se fossemos descrever a altura dessa criança em escala nanométrica, diríamos que ela mede 1 bilhão de nanômetros (1.000.000.000 nm). Obviamente, o emprego da escala nanométrica para expressar a altura de pessoas não é nada prático. Dessa forma, a **escala nanométrica**, expressa em **nanômetro (nm)**, é utilizada para mensurar partículas menores, imperceptíveis a olho nu.

O prefixo **nano** tem origem do grego *nánnos*, que significa anão. O prefixo nano se refere à bilionésima parte de alguma unidade de medida, logo, um nanômetro equivale a 1 bilionésimo de metro (1 nm = 10^{-9} m). A **Figura 6.1** apresenta a equivalência entre quantidades nanométricas e outras medidas métricas.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fontes consultadas: SILVA, D. G.; TOMA, H. E. *Nanotecnologia para todos!* São Paulo: Edição dos autores, 2018; LIDE, D. R. (editor da versão para internet) *Handbook of Chemistry and Physics*. 96. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016; TURGEON, M. L. *Clinical hematology*: theory and procedures. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

Figura 6.1 Representação esquemática da escala nanométrica e algumas equivalências com outras escalas métricas. O esquema indica, de forma aproximada, o tipo de microscopia que pode ser empregado para visualizar partículas que não podem ser distinguidas diretamente pelo olho humano.

Materiais com diferentes formas e tamanhos são considerados nanomateriais quando apresentam ao menos uma das suas dimensões em escala nanométrica com valor abaixo do **tamanho crítico**, ou seja, do tamanho em que uma ou mais propriedades (óptica, elétrica, magnética, catalítica etc.) são diferentes daquelas apresentadas por estruturas de mesma composição química, mas com dimensões maiores. Em geral, os nanomateriais costumam ser classificados em estruturas que apresentam uma das dimensões entre 1 e 100 nm, no entanto, essa faixa de valor não é fixa e pode diferir entre as propriedades do material.

Deixe claro que a nanoescala é usada quando nos referimos aos nanomateriais. Nessa escala, tratamos da matéria com dimensões de alguns nanômetros (10^{-9} m) até alguns angstrons (10^{-10} m, simbolizado por Å). O termo macroscópico, por sua vez, é utilizado para descrever corpos que podem ser observados a olho nu.

Fique por dentro

A nanotecnologia das moléculas

TOMA, H. E. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005.

Esse artigo apresenta as perspectivas para a nanotecnologia no início do século XXI, com os avanços da nanociência ocorridos na década de 1980.

Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a01.pdf>.

NanoEACH

Página de divulgação científica da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (USP Leste) dedicada a apresentar os avanços e aplicações dos nanomateriais. Nela, você encontra artigos, material audiovisual e indicações de *sites*. Disponível em: <http://www.each.usp.br/nanoeach/>.

Histórias em quadrinhos

Essa página da internet contém histórias em quadrinhos que envolvem nanotecnologia, saúde e segurança do trabalhador em diferentes áreas.

Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/nanotecnologia>.

Acessos em: 3 set. 2020.

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

MODERNA

Deixe claro que os microscópios mencionados não são capazes de fotografar os átomos e as moléculas. Simplificadamente, eles efetuam varreduras de superfície gerando sinais que são interpretados e convertidos em imagem por um computador. Se julgar conveniente, mostre a foto de um microscópio eletrônico de varredura que se encontra no **Tema 4** da Unidade **Energia e vida**.

Breve histórico dos nanomateriais

Materiais que apresentem dimensões em escala nanométrica são produzidos há séculos. Esses nanomateriais eram usados como pigmento para vidro, como no caso do Cálice de Licurgo, objeto datado do século IV com origem na Roma Antiga. O Cálice de Licurgo é constituído por vidros que apresentam em sua composição nanopartículas de ouro e prata de 50 nm de diâmetro e, dependendo da posição da fonte de luz e do observador, o vidro pode apresentar coloração verde ou avermelhada (**Fig. 6.2**).

FOTOS: © THE BRITISH MUSEUM/TRUSTEES OF THE BRITISH MUSEUM

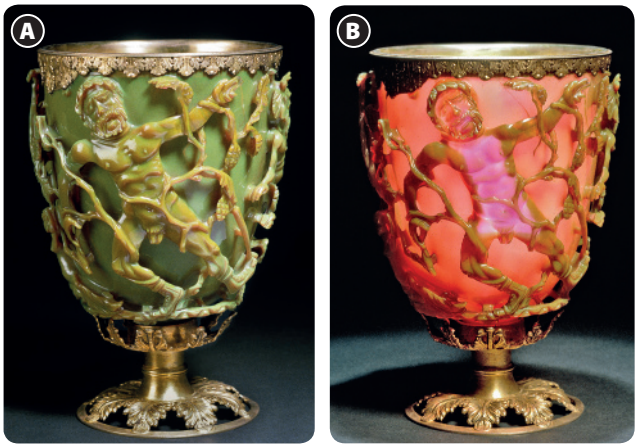


Figura 6.2 Cálice de Licurgo, em exposição no Museu Britânico, na Inglaterra (altura: 15,9 cm e diâmetro: 13,2 cm). **(A)** Com iluminação externa (luz refletida). **(B)** Com iluminação interna (luz transmitida).

O fato de as nanopartículas de ouro e prata não serem respectivamente douradas e prateadas é consequência de novas propriedades ópticas que as partículas desses metais apresentam na escala nanométrica. Essas propriedades manifestam-se em resposta à exposição do material à radiação eletromagnética.

Evidências mostram que os estudos científicos envolvendo nanomateriais tiveram início em meados do século XIX, quando o físico-químico britânico Michael Faraday (1791-1867) preparou suspensões de nanopartículas de ouro em água, como a da **Figura 6.3**. O objetivo de Faraday era estudar as propriedades ópticas dessas substâncias como a cor. Mesmo sem saber da existência de nanomateriais e sem dispor de equipamentos capazes de dimensionar as partículas, ele propôs que as variações no tamanho das partículas de ouro tinham influência direta na sua coloração.

ROYAL INSTITUTION OF GREAT BRITAIN/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 6.3 Frasco contendo ouro coloidal (nanopartículas de ouro dispersas em água) preparado por Michael Faraday, em exposição na instituição científica Royal Institution, na Inglaterra.

Em uma palestra realizada em 1959, o físico estadunidense Richard Feynman (1918-1988), ganhador do Prêmio Nobel de Física de 1965, fez observações sobre a possibilidade de manipular a matéria na escala atômico-molecular, bem como seus prováveis impactos para o desenvolvimento científico. Mas o termo nanotecnologia, usado para designar o conjunto de técnicas empregadas na manipulação da matéria nessa escala, ainda não era utilizado pela comunidade científica. Ele surgiu somente em 1974, quando o engenheiro japonês Norio Taniguchi (1912-1999) discorreu sobre os materiais nanométricos, objeto de seus estudos.

A utilização de microscópios de luz para a visualização de estruturas em escala nanométrica não permite gerar imagens com resolução adequada para estudá-las. Assim, outros tipos de microscópios devem ser empregados para tal finalidade.

Um equipamento empregado para obter informações sobre tamanho e formato das nanoestruturas é o **microscópio eletrônico de varredura** (MEV). Diferentemente dos microscópios de luz que utilizam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pela amostra para formar a imagem, o MEV gera a imagem pela interação dos elétrons lançados na amostra. O resultado dessa interação é a remoção de alguns elétrons da amostra e a emissão de radiação eletromagnética. Ambos podem ser detectados e transformados em dados digitais que são utilizados para formar as imagens das estruturas submicroscópicas.

A partir de 1981, após o desenvolvimento do **microscópio de varredura por tunelamento**, foi possível gerar imagens de materiais em nível atômico. O desenvolvimento desse equipamento, por um grupo de pesquisadores na Suíça, é considerado um grande marco para a nanotecnologia, pois permite observar a estrutura em escala nanométrica. As informações geradas por esse microscópio são enviadas a um computador que as transforma em imagem tridimensional, como mostra a **Figura 6.4**.

DRS A. YAZDANI & D.J. HORNBAKER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

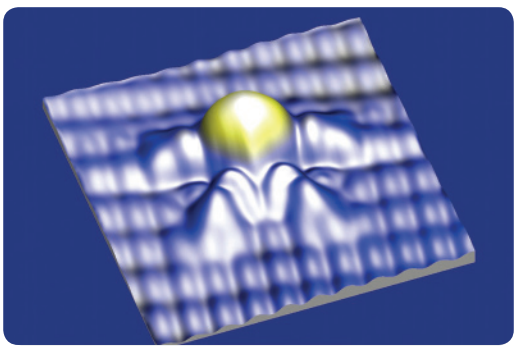


Figura 6.4 Átomo de manganês, em amarelo, suportado em arseneto de gálio (GaAs), em azul. (Imagem obtida de um microscópio de varredura por tunelamento, colorizada artificialmente e ampliada cerca de 25 milhões de vezes.)

Atualmente, existem microscópios capazes de ampliar uma imagem de cerca de 300 mil até dezenas de milhões de vezes. Comparativamente, a ampliação máxima obtida por microscópios de luz é de cerca de mil vezes.

O mecanismo de funcionamento desse tipo de microscópio envolve fenômenos quânticos que, em geral, são estudados em níveis mais avançados e específicos de ensino.

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

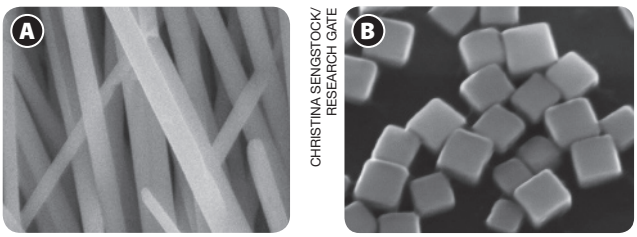
MODERNA

Explique aos estudantes que, para cada escolha de reagentes, solventes, catalisadores, pH, pressão e temperatura, nanomateriais com composição, tamanho e formato podem ser produzidos.

Estrutura e características dos nanomateriais

O interesse no desenvolvimento de nanomateriais está relacionado com o fato de que nessa escala as propriedades são únicas, ou seja, elas diferem das propriedades apresentadas em materiais na escala macroscópica. A manifestação de propriedades distintas ocorre em razão de efeitos de tamanho e de superfície que se tornam especialmente evidentes nesses materiais.

Como vimos anteriormente, as propriedades específicas dos nanomateriais podem se manifestar quando uma de suas dimensões é menor do que o tamanho crítico. No entanto, essas dimensões nem sempre são equivalentes, pois os nanomateriais podem apresentar diferentes formatos (**Fig. 6.5**), como nanofios, nanoesferas, nanocubos, entre outros. Esses formatos variam de acordo com o método empregado para sua síntese e influenciam as propriedades do material. É possível inclusive prever por Química Teórica e Computacional que formas as nanopartículas devem ter para apresentar uma propriedade de interesse.



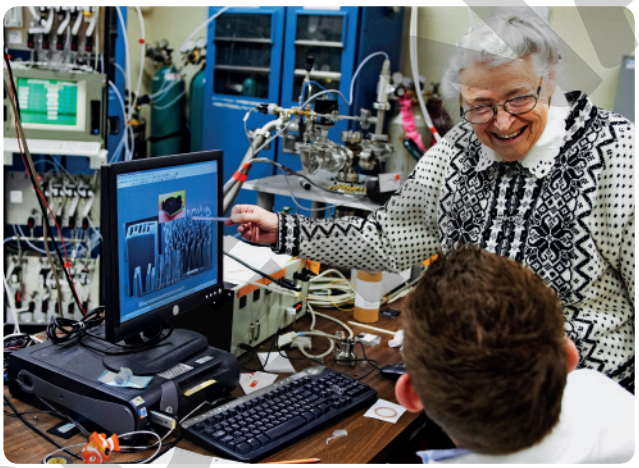
NANOSHEL LLC © 2015-18

CHRISTINA SENGSTOCK/ RESEARCH GATE

Figura 6.5 **(A)** Nanofios de dióxido de titânio, TiO_2. (Imagem obtida de microscópio eletrônico de varredura, ampliada cerca de 86 mil vezes.) **(B)** Nanocubos de prata, Ag. (Imagem obtida de microscópio eletrônico de varredura, ampliada cerca de 112 mil vezes.)

Nos exemplos apresentados, as estruturas de nanopartículas não são uma consequência da composição química do material, ou seja, nem toda nanopartícula de prata metálica ou de dióxido de titânio será cúbica ou filamentosa, respectivamente. Materiais compostos de átomos do mesmo elemento químico podem se organizar tridimensionalmente de diferentes maneiras e, por isso, podem formar estruturas nanométricas variadas. Entre eles, destacam-se os nanomateriais formados por átomos de carbono, ilustrados na **Figura 6.6**.

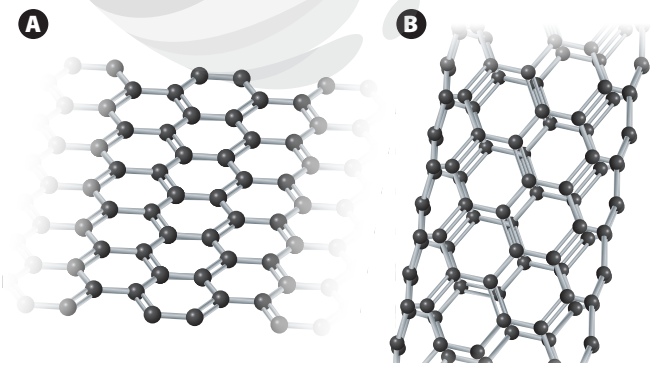
As folhas de grafeno (**Fig. 6.6 A**) são estruturas constituídas por um arranjo bidimensional formado por hexágonos de átomos de carbono. Os nanotubos de carbono (**Fig. 6.6 B**) podem ser formados por uma ou mais folhas de grafeno, em formato de tubo com cavidade interna oca e diâmetro de dimensão nanométrica. Eles apresentam elevada resistência química e física e baixa densidade. Os fulerenos (**Fig. 6.6 C**) são estruturas nanométricas esféricas. O mais conhecido, o C_{60}, é constituído por sessenta átomos de carbono, os quais apresentam arranjo com estruturas pentagonais e hexagonais unidas. Entre os cientistas que contribuíram para o desenvolvimento e aplicações de nanomateriais formados por átomos de carbono, incluindo nanotubos de carbono, está a física estadunidense Mildred Dresselhaus (1930-2017) (**Fig. 6.7**).



MICHELINE PELLETIER/GAMMA-RAPHO/GETTY IMAGES

Figura 6.7 A pesquisadora Mildred Dresselhaus, em 2006, no laboratório do Instituto Tecnológico de Massachusetts (sigla em inglês, MIT), nos Estados Unidos.

Os nanotubos de carbono são considerados materiais estratégicos para aplicações tecnológicas em razão de suas propriedades elétricas, podendo ser empregados como semicondutores ou até mesmo supercondutores. Além disso, eles vêm sendo utilizados como emissores de elétrons em televisores e sensores de gases. Já o grafeno é um provável sucessor do silício em dispositivos eletrônicos. Em comparação com o silício, o grafeno apresenta maior mobilidade eletrônica, além de ser fino e flexível, características que podem revolucionar a produção de aparelhos eletrônicos.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

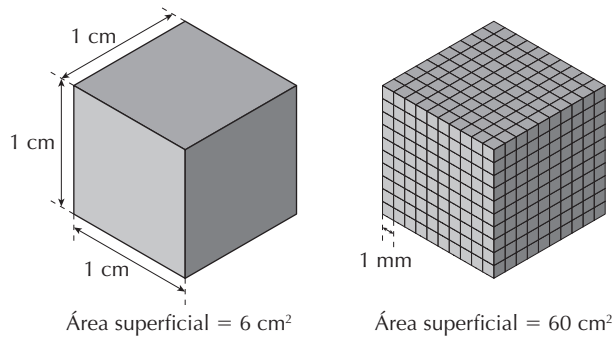
Figura 6.6 Representações esquemáticas de nanomateriais de carbono. **(A)** Folha de grafeno. **(B)** Nanotubo de carbono. **(C)** Fulereno, C_{60}. As esferas pretas representam os átomos de carbono e os traços em cinza, ligações químicas entre eles. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: CLANCY, A. J. *et al*. Charged Carbon Nanomaterials: Redox Chemistries of Fullerenes, Carbon Nanotubes, and Graphenes. *Chemical Reviews*, v. 118, p. 7363-7408, 2018.

Como as ligações entre átomos de carbono presentes em grafenos são muito estáveis, os nanotubos de carbono são estruturas com altíssima resistência mecânica, flexibilidade e resistência à ruptura quando dobrados ou torcidos. Essas ligações também são fundamentais para a resistência química dos nanotubos de carbono.

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

Outra característica determinante para a propriedade do nanomaterial é a sua **área superficial**, que é proporcionalmente maior que a dos materiais em escala macroscópica. Com a diminuição do tamanho da partícula, verifica-se um aumento da área superficial por volume, como vemos no cubo com aresta de 1 cm da **Figura 6.8**. A área superficial do cubo é de 6 cm^2 e o volume corresponde a 1 cm^3. Considerando que o volume se mantém constante, ao reduzir as arestas para 1 mm (0,1 cm), passam a existir 1.000 cubos cuja área superficial totaliza 60 cm^2 (1.000 · 0,06 cm^2). Supondo que esse cubo passe a ter arestas de 1 nm, totalizando $1 \cdot 10^{21}$ cubos, a área superficial será de 60.000.000 cm^2.



Fonte consultada: MARTINS M. A.; TRINDADE, T. Os nanomateriais e a descoberta de novos mundos na bancada do químico. *Química Nova*, v. 35, n. 7, p. 1434-1446, 2012.

Figura 6.8 Esquema representando o incremento de área quando o cubo é fracionado em cubos menores. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A relação da área superficial por volume é determinante para influenciar diversas propriedades dos nanomateriais, incluindo as catalíticas, as ópticas, as antimicrobianas e as magnéticas, as quais serão exemplificadas posteriormente.

Processos para obtenção de nanomateriais

Existem diversas rotas de síntese de nanomateriais que podem envolver processos físicos, químicos ou biológicos capazes de formar nanoestruturas variadas. As características finais desses materiais dependem do controle de parâmetros como pH, pressão, temperatura e da escolha adequada de reagentes, solventes e catalisadores. Ao final do processo, é importante que as nanopartículas sejam estáveis a ponto de serem manipuladas e aplicadas sem perder suas características.

A todo momento novas rotas de preparo e adaptações de sínteses já conhecidas são descritas por cientistas, mas, de modo geral, existem dois métodos para a obtenção de nanomateriais. Um deles consiste em construir o material a partir de átomos, moléculas ou íons; é o chamado procedimento *bottom-up* (expressão em inglês que pode ser traduzida como "de baixo para cima"). O outro é realizado por meio do fracionamento de uma porção maior do material em nanopartículas; trata-se do procedimento *top-down* (que pode ser traduzido como "de cima para baixo"). Um esquema simplificado desses dois procedimentos é apresentado na **Figura 6.9**.

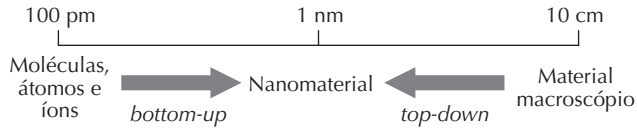


Figura 6.9 Representação esquemática simplificada dos processos *top-down* e *bottom-up*.

O procedimento *top-down* pode ser aplicado por meio de uma série de etapas de corrosão química específicas para o preparo de nanopartículas a partir de uma amostra macroscópica. Já os procedimentos *bottom-up* são, em geral, mais empregados por envolverem processos menos custosos, mais rápidos e que permitem maior controle das características do produto. Entre eles, o mais utilizado envolve reações químicas em solução aquosa que levam à formação de dispersões coloidais de nanopartículas. As **dispersões coloidais** são misturas heterogêneas de pelo menos duas fases, com a matéria de uma das fases (sólido, líquido ou gás) finamente dividida e misturada com outra fase (sólido, líquido ou gás), denominada fase contínua. Elas formam sistemas nos quais pelo menos um dos componentes apresenta uma dimensão no intervalo de 1 nm a 1.000 nm. Em geral, as fases de um sistema coloidal não são perceptíveis a olho nu, é possível visualizá-las apenas com o auxílio de um microscópio.

Nanopartículas metálicas de prata (NP Ag), por exemplo, podem ser obtidas por reações de oxirredução envolvendo sais de prata em meio aquoso e excesso de um agente redutor. Uma das formas comumente empregadas para a síntese de nanopartículas de prata pode ser representada, de forma simplificada, pela equação química a seguir.

$$AgNO_3(aq) + NaBH_4(aq) \longrightarrow$$

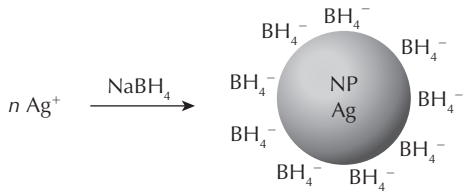
$$\longrightarrow Ag(s) + \frac{1}{2} H_2(g) + \frac{1}{2} B_2H_6(g) + NaNO_3(aq)$$

Nessa reação, o boro-hidreto de sódio ($NaBH_4$) atua como agente redutor na presença de íons $Ag^+(aq)$, que são reduzidos a prata metálica (Ag) e se agregam formando nanopartículas de prata. O $NaBH_4$ é adicionado em excesso em relação ao nitrato de prata ($AgNO_3$), pois age simultaneamente como agente redutor e estabilizador das nanopartículas. Os ânions $BH_4^-(aq)$ interagem com a superfície das nanopartículas, fazendo com que elas apresentem cargas negativas (**Fig. 6.10**). Dessa forma, a repulsão eletrostática entre as nanopartículas evita que elas se agreguem e as estabiliza em meio líquido. Caso houvesse a agregação das partículas, elas não se manteriam dispersas no meio, mas formariam um precipitado, que se acumularia no fundo do recipiente.

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA



Fonte: JUNIOR, M. A. M. *et al*. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. *Química Nova*, v. 35, n. 9, p. 1872-1878, 2012.

Figura 6.10 Representação esquemática do processo de síntese de nanopartículas de prata (NP Ag) a partir de íons Ag^+ e excesso de $NaBH_4$. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nanopartículas metálicas de ouro (NP Au), por sua vez, podem ser obtidas a partir de reações de oxirredução e posterior formação de agregados metálicos de ouro em escala nanométrica. Um exemplo de transformação química para a obtenção de nanopartículas de ouro pode ser representado de forma simplificada, pela equação química a seguir.

$$2\,HAuCl_4(aq) + 4\,Na_3C_6H_5O_7(aq) \longrightarrow 2\,Au(s) + H_2(g) + \\ + 4\,CO_2(g) + 4\,NaC_5H_5O_5(aq) + 8\,NaCl(aq)$$

Na reação, o ácido cloroáurico ($HAuCl_4$) é oxidado pelo citrato de sódio ($Na_3C_6H_5O_7$), formando nanopartículas de ouro. O citrato de sódio é adicionado em excesso em relação ao ácido cloroáurico; em outras palavras, apenas uma parte do citrato de sódio adicionado reage. O restante, ou excesso, torna-se estabilizador das nanopartículas, isto é, evita que as nanopartículas se agreguem. O ânion citrato apresenta grupos carboxilato (—COO^-) que são adsorvidos, ou seja, ficam retidos, na superfície das nanopartículas de ouro, o que faz com que apresentem carga negativa. Por meio da repulsão eletrostática entre as cargas, evita-se a agregação. A **Figura 6.11** mostra uma representação esquemática simplificada da estabilização de nanopartículas de ouro pelo íon citrato.

Após serem sintetizadas, as nanopartículas podem ser caracterizadas de acordo com o tamanho e formato das partículas, além de propriedades de superfície. O tamanho e a área superficial, por exemplo, podem influenciar sua reatividade, diferentemente do que é observado em relação a materiais em escala macroscópica. Outra caracterização importante é quanto a sua toxicidade, ou seja, sua capacidade de provocar efeitos nocivos a seres vivos, visando assegurar que as partículas obtidas possam ser empregadas na aplicação de interesse sem danos ao ambiente e à saúde.

Aplicações dos nanomateriais

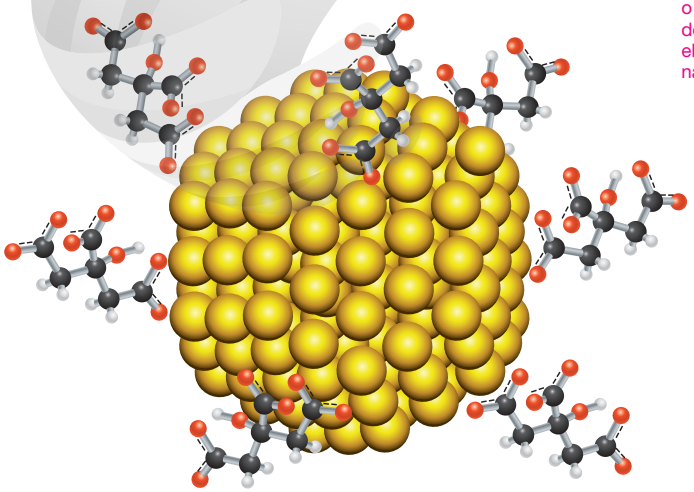
Um material que se destaca por apresentar novas propriedades na escala nanométrica é o ouro. Uma pepita de ouro é amarela, mas a cor do material pode mudar em função do seu tamanho e formato. Dispersões coloidais de nanopartículas de ouro em água, por exemplo, apresentam diferentes colorações que variam com o diâmetro das partículas, como podemos observar na **Figura 6.12**.

DOTTA2

Figura 6.12 Dispersões coloidais de nanopartículas de ouro em água. Os diâmetros das nanopartículas em I, II, III e IV equivalem a 5 nm, 18 nm, 60 nm e 90 nm, respectivamente.

A mudança na cor está relacionada com a interação das nanopartículas com a radiação eletromagnética, pois os processos de espalhamento e absorção da radiação são influenciados pelo tamanho das partículas. Em razão das suas cores diferenciadas, as nanopartículas de ouro foram amplamente utilizadas para a fabricação de vidros coloridos usados na decoração de castelos e igrejas durante a Idade Média.

A alteração das propriedades óticas de alguns nanomateriais, como o ouro, está relacionada a efeitos quânticos que se manifestam de maneira mais evidente na nanoescala. A interação da radiação eletromagnética com a matéria do ponto de vista quântico é estudada na Unidade **Energia e vida**.



Fonte consultada: PARK, J. W. Negative-Imaging of Citrate Layers on Gold Nanoparticles by Ligand-Templated Metal Deposition: Revealing Surface Heterogeneity. *Part. & Part. Syst. Charact.*, p. 1-9, 2018.

Figura 6.11 Representação esquemática simplificada de nanopartículas de ouro (esferas amarelas agrupadas, NP Au) contendo íons citrato interagindo com os átomos de ouro que estão na superfície da nanopartícula. O citrato é composto de átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, representados, respectivamente, pelas esferas pretas, brancas e vermelhas. As linhas tracejadas representam os elétrons deslocalizados do grupo carboxilato. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Comente que no caso do íon citrato os elétrons das ligações do grupo carboxilato não estão restritos a dois átomos. Se eles já tiverem estudado as Unidades **Combustíveis e motores** ou **Drogas e medicamentos**, retome os exemplos de deslocalização eletrônica vistos para os compostos aromáticos.

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

Se julgar conveniente, comente que o Fe_3O_4 é um óxido misto em que o ferro aparece em dois estados de oxidação (II e III).

Nanopartículas magnéticas e hidrofóbicas

A produção de nanomateriais tem possibilitado alternativas que podem minimizar impactos produzidos por acidentes ambientais, como o derramamento de petróleo no mar. As nanopartículas de magnetita (NP Fe_3O_4), além de serem atraídas pelo campo magnético de um ímã (**Fig. 6.13**), podem se agregar à moléculas hidrofóbicas – que apresentam baixa afinidade com substâncias polares, como a água. Assim, as NP Fe_3O_4 podem ser lançadas em locais onde há derramamento e aderir às substâncias hidrofóbicas presentes no petróleo. Após algum tempo, as nanopartículas podem ser removidas do corpo d'água por ação de um ímã, trazendo com elas o petróleo. No entanto, para que a remoção do petróleo seja bem-sucedida, as nanopartículas devem manter a estabilidade em meio líquido, ou seja, elas não devem se agregar formando partículas maiores. Isso poderia acarretar a precipitação dessas partículas, levando-as para o fundo do corpo d'água, impossibilitando a sua utilização.

FOTOS: DOTTA2

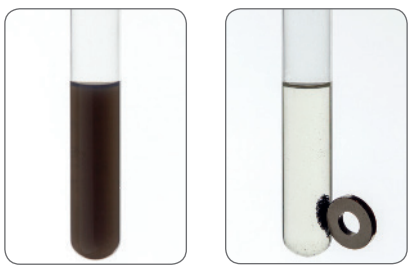


Figura 6.13 A partir da esquerda: o comportamento das nanopartículas magnéticas em solução aquosa na ausência e presença de um ímã.

Os nanomateriais têm sido utilizados para atribuir características hidrofóbicas às superfícies, isto é, torná-las impermeáveis à água, como podemos observar na **Figura 6.14**. Um exemplo é o uso de nanopartículas de sílica (SiO_2) funcionalizadas com moléculas hidrofóbicas. A funcionalização corresponde a um processo químico ou físico em que espécies químicas se ligam à superfície da nanopartícula com o objetivo de alterar algumas das propriedades desse material. A incorporação de nanopartículas de sílica funcionalizadas com moléculas hidrofóbicas em superfícies, como os tecidos, forma um revestimento que dificulta a absorção da água e de soluções aquosas que podem formar manchas.

US AIR FORCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 6.14 Gota de água em superfície recoberta com nanopartículas hidrofóbicas.

O recobrimento de superfícies com nanomateriais pode ser chamado de nanorrevestimento, termo traduzido do inglês *nanocoating*. As nanopartículas de sílica funcionalizadas têm sido objeto de estudo de grupos de pesquisa que visam incorporá-las em revestimentos de peças metálicas. Eles teriam a função de proteger os materiais da corrosão, que, na maioria das vezes, é causada pela oxidação de metais na presença de água.

Nanocatalisadores

A elevada área superficial por volume observada nas nanopartículas pode conferir propriedades catalíticas ao nanomaterial. Um catalisador é uma espécie química que participa da reação química aumentando a rapidez com que ela ocorre, sem que ele seja consumido no processo.

Nesse sentido, nanopartículas de platina (NP Pt) estão sendo empregadas como catalisadores em células a combustível. De forma simplificada, uma célula a combustível é um sistema eletroquímico que pode converter energia química em elétrica por meio de reações químicas que ocorrem espontaneamente no seu interior. Em geral, essas células utilizam gás hidrogênio (H_2) como fonte de energia renovável, contribuindo para a diminuição da emissão de gases poluentes, pois forma-se água como subproduto. Elas são uma alternativa mais sustentável aos motores a combustão, que empregam uma fonte de energia não renovável e que liberam dióxido de carbono (CO_2), além de outros óxidos de enxofre e de nitrogênio em menor quantidade. A seguir, são apresentadas as semirreações e a equação química global que ocorre na célula a combustível (**Fig. 6.15**).

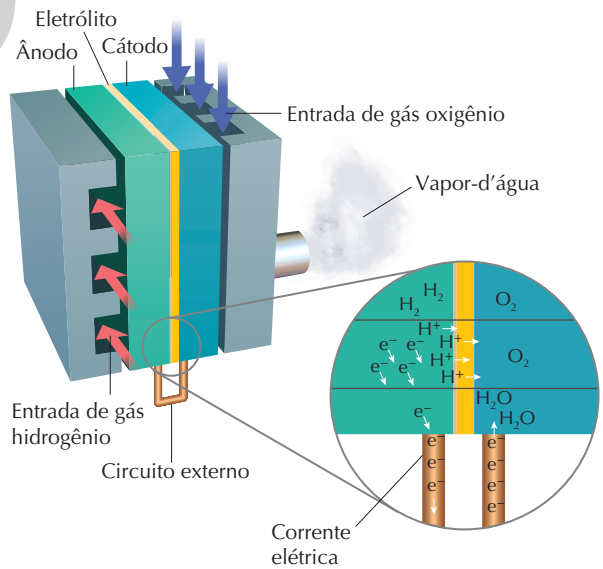


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fontes consultadas: VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 28-34, maio 2002; OFFICE of Energy Efficiency & Renewable Energy. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cell-animation-text-version>. Acesso em: 25 ago. 2020.

Figura 6.15 Esquema simplificado do funcionamento das células a combustível. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

EXCLUSIVA

Semirreação de oxidação: $H_2 \longrightarrow 2\,H^+ + 2\,e^-$

Semirreação de redução: $\frac{1}{2}O_2 + 2\,H^+ + 2\,e^- \longrightarrow H_2O$

Equação química global: $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$

A platina é o principal metal utilizado como catalisador na oxidação do gás hidrogênio e na redução do gás oxigênio, em células a combustível. O uso de nanopartículas de platina amplia a área superficial do catalisador, em comparação com estruturas macroscópicas. Consequentemente, o número de interações entre os reagentes e o catalisador é maior, deixando o processo mais eficiente em decorrência do uso das nanopartículas.

Nanopartículas antimicrobianas

Os íons Ag^+ podem interagir com substâncias que apresentam enxofre ou fósforo em sua composição, como algumas proteínas e o DNA. Evidências experimentais indicam que a função antimicrobiana dos íons Ag^+ está associada à sua penetração na célula. Dessa forma, a dimensão das nanopartículas de prata é um fator essencial para aumentar a penetração de íons do metal na célula bacteriana. Essa propriedade levou à incorporação de nanopartículas de prata em alguns produtos têxteis, utensílios domésticos, produtos de higiene pessoal, embalagens e máscaras.

Um grupo de pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp), da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) desenvolveu um tipo de plástico filme capaz de conservar alimentos por mais tempo por apresentar nanopartículas de prata em sua composição. Em um experimento realizado com tomates, a amostra embalada com o novo plástico teve seu prazo de validade estendido em 24 dias em comparação à amostra embalada com o plástico filme sem nanopartículas.

Nanomateriais na Medicina

Devido ao tamanho diminuto das nanopartículas em comparação com as células humanas, como visto na **Figura 6.1**, podemos especular sobre as vantagens da aplicação desses materiais na Medicina, tanto no tratamento de doenças quanto na Medicina Diagnóstica. Isso porque o tamanho dos nanomateriais possibilita que eles atuem até mesmo diretamente dentro das células.

Um exemplo de aplicação na Medicina são as ferritas cúbicas (MFe_2O_4, em que M é um íon metálico bivalente como Mg^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+} e Fe^{2+}). Nanopartículas magnéticas de ferrita podem ser aplicadas como agentes de contraste em ressonância magnética. Os agentes de contraste permitem a obtenção de imagens de alta definição dos órgãos internos.

Para o tratamento de doenças, pode-se empregar uma nanoestrutura capaz de transportar substâncias ativas pelo organismo, chamada nanocarreador. Além de carregar os princípios ativos, os nanocarreadores podem liberá-los de forma controlada em uma parte específica do corpo. Uma potencial estrutura nanocarreadora são os dendrímeros – macromoléculas sintéticas cuja forma lembra as ramificações de uma árvore. O arranjo tridimensional dessas estruturas forma cavidades que podem alocar moléculas menores. Além disso, existe a possibilidade de ligar estruturas de interesse às extremidades dos dendrímeros, como mostra a **Figura 6.16**.

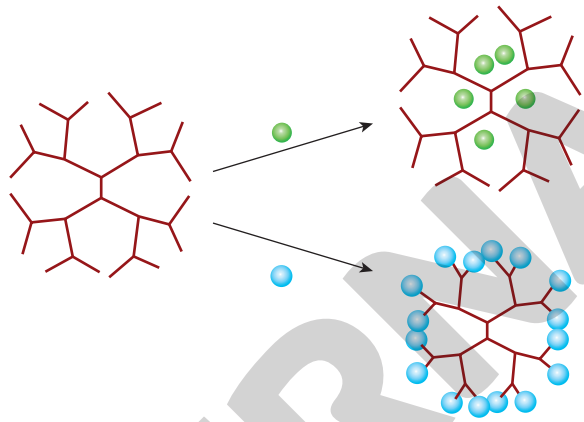


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 6.16 Representação esquemática de um dendrímero (estrutura ramificada). No canto superior à direita, está representado o encapsulamento de substâncias (esferas verdes) nas cavidades formadas pela estrutura tridimensional do dendrímero. Abaixo, estão representadas espécies químicas (esferas azuis) ligadas à extremidade das ramificações do dendrímero. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No exemplo da **Figura 6.16**, as substâncias encapsuladas podem ser um princípio ativo, enquanto as espécies químicas ligadas às extremidades podem ser funcionalizações que facilitam o reconhecimento da nanoestrutura por células específicas do organismo. Há expectativas de que, com o avanço das pesquisas, os nanocarreadores possam, por exemplo, interagir com células tumorais a fim de liberar o medicamento quimioterápico apenas para as células-alvo, minimizando os efeitos colaterais causados por esse medicamento. Assim, seria possível adquirir maior eficiência em tratamentos contra o câncer.

Outra abordagem para o tratamento de câncer envolve o uso de nanopartículas de ouro em formato de bastões, os *nanorods*. Essas nanoestruturas podem absorver radiação eletromagnética transformando-a em calor, em um processo denominado fototermia. O calor liberado pode eliminar as células cancerígenas que estiverem em contato com os *nanorods*, uma vez que são mais sensíveis ao aumento de temperatura que as células saudáveis.

O grafeno e os nanotubos de carbono também têm apresentado elevado potencial para o avanço da Nanomedicina, com aplicações na engenharia de tecidos, por exemplo. Além disso, grafeno e nanotubos de carbono, quando funcionalizados com moléculas bioativas, podem se comportar como nanocarreadores de agentes terapêuticos.

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

MODERNA

Outro fator que contribui para o crescimento da Nanomedicina é o avanço do desenvolvimento de nanopartículas com radiomarcação (espécies radioativas incorporadas), para aplicações de imagem e radioterapia (terapia utilizada no tratamento de tumores cancerígenos).

Vantagens e atuais desafios da nanotecnologia

Atualmente, os grandes desafios da Nanotecnologia estão associados à ampliação das aplicações dos nanomateriais que possibilitem a resolução de problemas que impactam a humanidade e que sejam interessantes do ponto de vista econômico. Laboratórios e indústrias têm buscado sintetizar nanomateriais que aumentem a eficiência na obtenção de energia renovável, auxiliem no tratamento de doenças, contribuam para a remediação de impactos ambientais e colaborem para a produção e conservação de alimentos.

A importância de conciliar a funcionalidade dos produtos e sua viabilidade econômica pode ser percebida considerando as células a combustível. Apesar de já existirem carros que empregam essa tecnologia, eles ainda são vendidos de forma restrita em razão do preço elevado das células a combustível. Além disso, a obtenção e a disponibilização do gás hidrogênio elevam ainda mais o custo para os usuários. Uma alternativa que está sendo testada é a substituição do gás hidrogênio por etanol, o que reduziria consideravelmente o preço e os riscos inerentes ao uso de gás hidrogênio, em função de sua alta inflamabilidade.

Além da viabilidade econômica e da funcionalidade de tecnologias envolvendo nanomateriais, é preciso reduzir danos ambientais decorrentes de sua produção e utilização. Os riscos envolvendo o uso dos nanomateriais estão relacionados ao tamanho e à área superficial das nanopartículas, o que facilita a dispersão e dificulta a remoção do ambiente por meio de técnicas convencionais de filtração. Além disso, deve-se considerar os materiais empregados na síntese e o descarte dos resíduos gerados para evitar a contaminação do ambiente. Apesar do desenvolvimento da nanotecnologia, os dados toxicológicos e de biodegradação das nanopartículas são escassos, por isso o estudo da influência dos nanomateriais no ambiente e nos seres vivos também está entre os atuais desafios nessa área.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Leia a história em quadrinhos a seguir.

Fonte consultada: TOMA, H. E. *O mundo nanométrico*: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 18.

Com base nos quadrinhos e em seus conhecimentos sobre o assunto, responda às questões:

a) O que é funcionalização e com qual objetivo ela é empregada na síntese de nanomateriais?

b) O que seriam os "grupos disfuncionais" mencionados no último quadrinho?

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

MODERNA

2. (Enem) A magneto-hipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento da célula.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque:

a) O campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.

b) O campo magnético faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.

c) As nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.

d) O campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.

e) As nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferir calor.

3. (Enem) Um grupo de pesquisadores desenvolveu um método simples, barato e eficaz de remoção de petróleo contaminante na água, que utiliza um plástico produzido a partir do líquido da castanha-de-caju (LCC). A composição química do LCC é muito parecida com a do petróleo e suas moléculas, por suas características, interagem formando agregados com o petróleo. Para retirar os agregados da água, os pesquisadores misturam ao LCC nanopartículas magnéticas.

Essa técnica considera dois processos de separação de misturas, sendo eles, respectivamente:

a) Flotação e decantação.

b) Decomposição e centrifugação.

c) Floculação e separação magnética.

d) Destilação fracionada e peneiração

e) Dissolução fracionada e magnetização.

4. Considerando que nanopartículas de platina foram preparadas utilizando os seguintes compostos: tetracloroplatinato(II) de potássio (K_2PtCl_4) e boro-hidreto de sódio ($NaBH_4$), responda às questões a seguir.

a) Que procedimento de síntese de nanopartículas é realizado a partir dos reagentes citados? Justifique sua escolha.

b) Explique por que cada um desses compostos foi escolhido para a síntese dessas nanopartículas.

5. (Fatec-SP) "Para se ter uma noção do universo nanométrico, no qual a dimensão da física é representada pelo prefixo nano, 1 nm equivale aproximadamente ao comprimento de dez átomos enfileirados. Um nanotubo de carbono tem um diâmetro da ordem de 10 nm. A dimensão de uma molécula de DNA situa-se na escala de 100 nm e é pouco menor que a de um vírus. As hemácias, que são as células vermelhas do sangue, são da ordem de 10 micrômetros (10 μm) ou 10 000 nm. O diâmetro de um fio de cabelo pode medir cerca de 100 000 nm."

(TOMA, H. E. O mundo nanométrico: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 13 adaptado.)

De acordo com o texto e com as medidas aproximadas, é correto afirmar que

a) um nanotubo de carbono é cem mil vezes mais fino do que um fio de cabelo.

b) são necessários cem mil átomos enfileirados para compor o diâmetro de um fio de cabelo.

c) na escala mencionada no texto, um micrômetro (1 μm) equivale a 100 nanômetros (100 nm).

d) as hemácias são, aproximadamente, 10 vezes maiores do que os vírus.

e) o diâmetro de um fio de cabelo tem aproximadamente 100 μm.

6. Leia o fragmento a seguir.

[...] Tipicamente, os nanocatalisadores possuem pelo menos uma dimensão em nanoescala, externa ou internamente, e sua atuação na reação depende criticamente do tamanho da partícula. As propriedades relacionadas ao tamanho nanométrico de partículas metálicas suportadas, por exemplo, afetam diretamente a atividade catalítica e se manifestam em uma escala de tamanho de algumas centenas de átomos, não podendo ser extrapoladas a partir das propriedades do sólido mássico. [...]

Fonte: FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. *Química Nova*, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.

Com base no texto e nos seus conhecimentos sobre o assunto, responda às questões:

a) Por que as propriedades dos nanocatalisadores dependem do tamanho das suas partículas?

b) O que o trecho "[...] não podendo ser extrapoladas a partir das propriedades do sólido mássico." quer dizer? Por que a extrapolação citada não pode ser feita?

7. As nanopartículas de prata podem ser preparadas a partir de um sal, como o nitrato de prata ($AgNO_3$), e um agente redutor que também dificulta a agregação das partículas (em função da carga superficial negativa conferida pelo excesso de agente redutor adicionado ao meio reacional). Após realizar a síntese de nanopartículas por meio desse método, cientistas decidiram analisar o efeito da adição de sais como o cloreto de sódio (NaCl) e o nitrato de prata ($AgNO_3$) na dispersão coloidal. Com a adição gradativa e lenta de solução diluída de nitrato de prata, observou-se que a coloração do sistema mudou, como mostra a imagem a seguir.

DOTTA2

Com base nas informações apresentadas e nos seus conhecimentos sobre o assunto, explique por que a adição de nitrato de prata levou à mudança de cor da solução.

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

EM IMPRENSA

8. (Enem) Na manipulação em escala nanométrica, os átomos revelam características peculiares, podendo apresentar tolerância à temperatura, reatividade química, condutividade elétrica, ou mesmo exibir força de intensidade extraordinária. Essas características explicam o interesse industrial pelos nanomateriais que estão sendo muito pesquisados em diversas áreas, desde o desenvolvimento de cosméticos, tintas e tecidos, até o de terapias contra o câncer.

LACAVA, Z. G. M.; MORAIS, P. C. Nanobiotecnologia e Saúde. Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano15.htm> (adaptado).

A utilização de nanopartículas na indústria e na medicina requer estudos mais detalhados, pois

a) as partículas, quanto menores, mais potentes e radiativas se tornam.

b) as partículas podem ser manipuladas, mas não caracterizadas com a atual tecnologia.

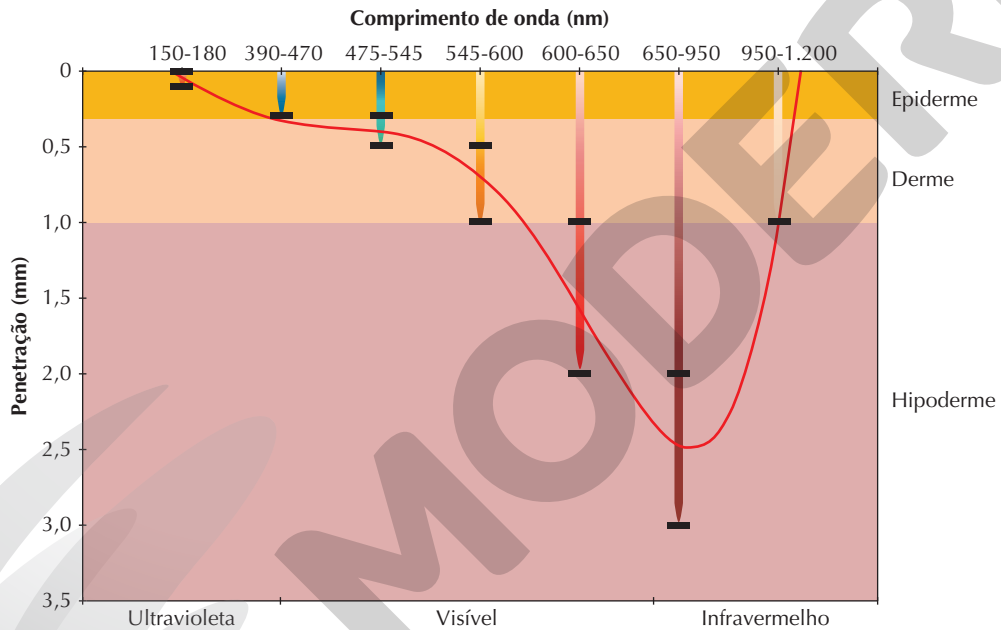
c) as propriedades biológicas das partículas somente podem ser testadas em microrganismos.

d) as partículas podem atravessar poros e canais celulares, o que poderia causar impactos desconhecidos aos seres vivos e, até mesmo, aos ecossistemas.

e) o organismo humano apresenta imunidade contra partículas tão pequenas, já que apresentam a mesma dimensão das bactérias (um bilionésimo de metro).

9. O gráfico a seguir apresenta dados sobre a profundidade que determinados tipos de radiação eletromagnética podem alcançar quando incidem sobre a pele.

Penetração da radiação eletromagnética na pele



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte consultada: AVCI, P. *et al*. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*. v. 32, n. 1, p. 41-52, 2013.

Analise o gráfico e responda:

a) Entre os tipos de radiação apresentados no gráfico, que faixa de comprimento de onda apresenta maior penetração na pele?

b) Sabendo que o comprimento de onda corresponde a um parâmetro que caracteriza a radiação eletromagnética, que informações apresentadas no gráfico poderiam contribuir para orientar os passos necessários para elaborar um nanocarreador cuja liberação do medicamento fosse ativada por radiação eletromagnética?

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

Registre em seu caderno

Qual é a parcela de participação de mulheres negras no desenvolvimento da Ciência nacional?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 6; 7; 9; 10
Habilidades: EM13CNT305; EM13CHS102; EM13CHS502; EM13CHS601

Reflita sobre a questão acima e registre suas ideias. Em seguida, leia o texto e responda às questões.

O item IV do artigo 1º da Lei nº 12.288, de 20 de julho de 2010, que instituiu o Estatuto da Igualdade Racial, define população negra como "o conjunto de pessoas que se autodeclaram pretas e pardas, conforme o quesito cor ou raça usado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ou que adotam autodefinição análoga".

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (Pnad) do IBGE, em 2018, a população brasileira era composta de 51,7% de pessoas do gênero feminino e de 56,10% de pessoas autodeclaradas pretas ou pardas. Embora representem a maior parte da nossa população, esses grupos ainda são minoria nas posições de liderança no mercado de trabalho e entre os representantes políticos no Poder Legislativo. Assim como nessas áreas de atuação, a Ciência também não está livre da desigualdade social e do preconceito.

As discussões sobre a presença de diversidade étnica nas Ciências são recentes no Brasil e esse ainda é um tema pouco abordado. Embora a maior parte da população brasileira seja declarada preta ou parda, somente em 2013 foi possível verificar sua representatividade na área científica. Foi naquele ano que o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), responsável por um dos maiores bancos de dados de pesquisadores, a plataforma *Lattes*, e um dos responsáveis pelo financiamento de pesquisas científicas durante os cursos de mestrado e de doutorado, passou a solicitar a informação de raça e cor em seu formulário. Em 2015, levando em consideração todos os pesquisadores cadastrados na plataforma *Lattes*, pôde-se notar que as mulheres representavam o maior número (50,6%). Entre elas, 59% eram autodeclaradas brancas, 22% pardas, 4,8% pretas, e, no restante, incluíam-se amarelas, indígenas e aquelas que não se declararam. Já entre os homens, os brancos representavam 56,3% dos bolsistas,19,6% eram pardos e 4,7%, pretos. Nesse mesmo estudo, o CNPq divulgou ainda que apenas 7% das bolsas de produtividade eram destinadas a mulheres negras.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), em todo o mundo 28% dos pesquisadores são mulheres, enquanto no Brasil há uma paridade com os homens. Essa conquista não diminui a urgência de ações que promovam e garantam maior representatividade feminina negra. De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), no programa de pós-graduação o percentual de mulheres negras (pretas e pardas) doutoras professoras é inferior a 3%.

As poucas mulheres negras que alcançam destaque nessa área só o conseguem com muito esforço e resistência ao machismo acadêmico e ao racismo. Sônia Guimarães é uma dessas mulheres. Ela é a primeira negra brasileira doutora em Física pela *University of Manchester Institute of Science and Technology* e, hoje, é professora de Física em uma das instituições mais conceituadas do Brasil, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

ACERVO PESSOAL DA PROF. SÔNIA GUIMARÃES

Sônia Guimarães: mulher, negra e a primeira doutora em Física do Brasil. Foto tirada em 2015.

Histórias de superação, como a de Sônia, foram contadas no filme *Estrelas além do tempo* (2016), no qual três mulheres negras, Katherine Johnson, Mary Jackson e Dorothy Vaughan, se tornam heroínas da nação no auge da corrida espacial entre Estados Unidos e Rússia durante

Continua

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

EM OBRA

a Guerra Fria, liderando parte da equipe de "computadores humanos" da agência espacial estadunidense, a *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa), em uma época em que os funcionários negros da instituição não podiam usar os mesmos banheiros que os funcionários brancos.

Sem dúvida, os dados apontam para uma presença feminina cada vez maior na Ciência brasileira, mas é necessário garantir as mesmas oportunidades de acesso, permanência e sucesso para toda a população brasileira. Essas oportunidades precisam ser ofertadas muito antes da definição de qual carreira seguir, ainda na Educação Básica, para que um número cada vez maior de estudantes se envolva em atividades de iniciação científica e pesquisas em busca de soluções para problemas socioambientais locais, regionais e globais.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Retome as suas observações registradas antes da leitura. Quais foram as suas previsões sobre a participação de mulheres negras na Ciência brasileira? Compare-as com os dados apresentados no texto.
2. Em grupo, discutam a respeito da representatividade de mulheres e de mulheres negras na Ciência. Construam uma justificativa coletiva para as diferenças entre os valores previstos antes da leitura e os valores apresentados no texto. Depois, apresentem-na para o restante da turma.
3. Pesquise sobre outras mulheres e mulheres negras que desenvolvem trabalhos relacionados à Ciência. Escreva um texto divulgando o trabalho dessas mulheres e publique nas redes sociais ou no *site* da escola.

Pensamento crítico e argumentação

Registre em seu caderno

Produzir ou não embriões híbridos para a síntese de órgãos humanos?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 7; 9; 10
Habilidades: EM13CNT303; EM13CNT304; EM13CNT305; EM13LGG101; EM13LP05; EM13LP15

Debater faz parte das nossas ações sociais cotidianas. Frequentemente, cientistas, advogados e outros profissionais, bem como políticos e representantes de classes sociais, fazem do debate uma importante ferramenta para compreender determinados assuntos e tomar decisões bem fundamentadas. Nesta seção, vamos explorar uma visão mais convencional da ação de debater.

O **debate** pode se configurar uma **discussão formal**, geralmente oral, entre participantes que tenham pontos de vista diferentes sobre determinado assunto. Em essência, isso implica o uso do **discurso argumentativo** e, portanto, espera-se que as pessoas envolvidas utilizem o raciocínio lógico para justificar a relação entre as afirmações e as evidências apresentadas. O debate não está necessariamente associado a um ganhador. Ele busca uma **resolução** para um tema que pode ser considerado controverso de acordo com o contexto. Essa discussão é orientada por um conjunto de **regras pré-acordadas**, que podem seguir diferentes formatos.

1. Vamos refletir sobre regras que podem ser usadas para orientar um debate produtivo e responsável. Em duplas, avaliem cada uma das ações a seguir e indiquem quais delas são esperadas em um debate e quais devem ser evitadas.
   a) Emitir opiniões e/ou juízo de valor.
   b) Organizar previamente os pontos a serem apresentados para os debatedores.
   c) Memorizar os argumentos sem reflexão.
   d) Monopolizar o debate.
   e) Provar ou tentar provar um ponto por meio de raciocínio.
   f) Apresentar evidências que sustentem uma afirmação.
   g) Enfatizar a animosidade de um debatedor.
   h) Usar argumentos e explorar as suas partes: afirmação, evidência e raciocínio.
   i) Apresentar opiniões como fatos.
   j) Ouvir, pensar e responder em momentos pré-acordados com os demais debatedores.
   k) Performar uma defesa.
   l) Levantar o tom de voz na defesa de um ponto de vista.
   m) Fazer do debate uma competição.
   n) Persuadir com base em argumentos.
   o) Discordar de ideias atacando as pessoas que as apresentam.
   p) Utilizar a honestidade intelectual.
   q) Desconhecer os argumentos dos oponentes.
   r) Omitir fontes de informações trazidas nos argumentos.

Saber **argumentar** é uma das principais características de um bom debatedor. Um **argumento forte** apresenta fatos, evidências ou razões que embasam uma afirmação, organizados de maneira clara e lógica. Por outro lado, um **argumento fraco** não traz embasamento e o raciocínio não é claro e lógico.

2. Com base na ideia de força do argumento, leia o texto a seguir e identifique um argumento que possa ser considerado forte. Justifique a sua resposta.

A questão visa ajudar os estudantes a refletir e discutir a respeito dos limites e das possibilidades de um debate, com base no texto introdutório e em suas preconcepções de debate.

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

MODERNA

Continuação

Há diversos formatos possíveis para o debate. Ele pode ser feito por meio da divisão da turma em três grandes grupos, "a favor", "contra" e "júri", ou em grupos menores, para que vários debates simultâneos possam ocorrer na turma. Para sugestões de encaminhamento, consulte o Suplemento para o professor.

[...]

Há muito tempo que os cientistas tentam criar embriões de animais com células-tronco humanas. São os chamados "humano-animais" ou "quimeras", como eram conhecidos os seres híbridos na mitologia grega.

[...]

Em março [de 2019], após um pedido da equipe [do cientista Hiromitsu Nakauchi, que lidera grupos de pesquisa nas universidades de Tóquio (Japão) e Stanford (Estados Unidos)], o Ministério da Educação e Ciência do Japão publicou novas diretrizes sobre pesquisas com células-tronco que permitem criar embriões humano-animais, que podem ser transplantados em outros animais e desenvolvidos até o final.

A decisão definitiva, no entanto, ainda depende de um comitê de especialistas do ministério [...].

Mas, segundo Nakauchi, a mudança nas diretrizes já permite a ele avançar em suas pesquisas, cujo objetivo final, assegura ele, é produzir órgãos humanos em falta para transplante, como pâncreas, e que, uma vez desenvolvidos, podem ser transplantados do animal para uma pessoa.

[...] Os experimentos com células-tronco são, em muitos casos, motivo de controvérsia.

Neste caso em particular, como observa a revista *Nature*, alguns bioeticistas (especialistas em bioética) temem que as células humanas possam ser usadas para algo além do desenvolvimento do órgão em questão e chegar ao cérebro em desenvolvimento do animal, afetando suas capacidades cognitivas.

Nakauchi argumenta que o experimento é desenvolvido de modo que "as células-tronco só vão para o pâncreas". E afirma que não tentará, de cara, transplantar nenhum embrião híbrido.

A ideia é desenvolver inicialmente embriões de camundongos híbridos por um período de aproximadamente 14 dias, quando quase todos os órgãos do animal estão formados. [...]

Na sequência, fará o mesmo com os ratos, diz ele, permitindo que se desenvolvam por até 15 dias. Só depois, será a vez dos porcos, quando precisará de até 70 dias para desenvolver embriões híbridos.

Mas, ainda assim, nem todos estão convencidos dos planos do cientista japonês.

O pesquisador Jun Wu, da Universidade do Texas, nos EUA, afirma que é inútil desenvolver embriões híbridos de humanos e animais usando espécies evolutivamente distantes, como porcos e ovelhas, porque "as células humanas serão eliminadas na fase inicial do experimento".

[...] o jornal espanhol *El País* publicou uma reportagem mostrando os avanços de um grupo de cientistas espanhóis que afirmam ter conseguido criar um híbrido de humano e macaco num laboratório da China.

Muitos detalhes deste experimento ainda não estão claros, no entanto, e só serão conhecidos quando o resultado for publicado, o que deve acontecer em breve.

Fonte: O QUE são os "humano-animais" que o Japão quer começar a desenvolver. *BBC Brasil*, 1 ago. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-49190089>. Acesso em: 17 ago. 2020.

Com base no que você aprendeu nas discussões anteriores, vamos debater a **produção de embriões híbridos**. Como já mencionamos, para ter sucesso em qualquer debate, é necessário pesquisar o tópico abordado em diferentes fontes de informação e analisar criticamente os pontos apresentados nessas fontes, para, então, formular argumentos e conclusões autorais. Algumas sugestões de referências podem ser encontradas no Suplemento para o professor.

3. Em grupo, pesquisem sobre a produção de embriões híbridos e suas implicações. Vocês podem considerar, por exemplo, os pontos de vista científico, ético, social, político, econômico, religioso etc. Para embasar o debate, durante a pesquisa, procurem observar atentamente se as fontes trazem argumentos fortes. Pesquisem também a análise de um especialista, dados estatísticos ou exemplos. Organizem os dados levantados nessa pesquisa com base nos seguintes itens:

a) Identifiquem a fonte dos argumentos. Em qual publicação impressa ou eletrônica eles foram encontrados (*link* do *site*, nome do livro etc.) e quem é o autor? O autor de um argumento pode ser uma pessoa, um grupo de pessoas ou mesmo uma instituição (universidade, associação etc.).

b) Classifiquem os argumentos encontrados em "a favor" e "contra" a produção de embriões híbridos.

c) Agrupem os argumentos "fortes" e os argumentos "fracos".

d) Separem os argumentos por temas. Por exemplo: político, econômico, religioso etc.

4. Com as informações obtidas nas pesquisas da atividade anterior e sob a orientação do professor, organizem um debate com a turma. Não se esqueçam de anotar no caderno os pontos trazidos pelos debatedores e registrar quais argumentos estão sendo rebatidos e quais estão sendo ignorados por eles.

5. Considerando os pontos de vista com os quais você teve contato ao longo do debate realizado na atividade anterior, escreva um texto de 15 a 20 linhas, dividindo-o em três parágrafos, de modo que ele apresente uma resposta para cada item a seguir.

a) Quais foram os pontos apresentados ao longo da discussão que chamaram sua atenção?

b) Quais foram os pontos que ficaram à margem da discussão e que você esperava que fossem abordados?

c) Qual argumento você acredita responder ao impasse entre produzir ou não embriões híbridos para a síntese de órgãos humanos?

Os estudantes mais proficientes na escrita podem fragmentar mais o texto, a depender dos registros que fizeram ao longo do debate realizado na questão 4.

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

COPIA

Comunicação

Registre em seu caderno

O termo Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) surgiu para mostrar que praticamente tudo pode se conectar e se comunicar. O principal objetivo dessa tecnologia é estreitar cada vez mais a distância entre o mundo físico e o digital, em uma sociedade cada vez mais conectada à internet. Por isso, a todo momento surgem novos produtos que se conectam à internet por meio de dispositivos, como computadores e *smartphones*.

Nesse contexto, vocês vão desenvolver um protótipo de automação residencial usando conceitos da IoT. Esse protótipo deverá ser apresentado à comunidade local, durante uma feira de ciências organizada pela turma. Esta atividade deve ser realizada em grupo e está dividida em três etapas.

Etapa I – Pesquisa e planejamento

Reúnam-se em grupo para o desenvolvimento de um protótipo de automação residencial, que pode ser, por exemplo, um sistema de irrigação utilizando o Arduino Uno controlado por aplicativo IoT.

O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica composta de um microcontrolador Atmel de *hardware* livre com suporte de entrada e saída embutido para conectá-lo ao computador, que pode ser programado, com linguagem simples (baseada em C, C++), para controlar ou desenvolver equipamentos.

Depois de definirem qual protótipo será desenvolvido, façam uma pesquisa na internet sobre os materiais necessários e as instruções para a sua construção. Em seguida, busquem por um protocolo de linguagem para troca de mensagens entre máquinas, conhecido como MQTT (do inglês *MQ Telemetry Transport*), que sirva para executar o projeto. Para isso, em um buscador na internet, usem algumas palavras-chave, como: agentes inteligentes, Arduino Uno, monitoramento de sensores de umidade ou temperatura e umidade no aplicativo MQTT Dash.

Se julgar necessário, forneça alguma das referências apresentadas no Suplemento para o professor.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 3; 4; 5; 9; 10
Habilidades: EM13CNT302; EM13CNT308; EM13LGG701; EM13MAT405

Organizem os dados coletados durante as pesquisas e elaborem um projeto do protótipo escolhido. O projeto deve conter algumas referências, o objetivo do protótipo, imagens de esquemas de montagem do sistema, a lista de materiais e os custos dos recursos necessários.

Etapa II – Desenvolvimento do protótipo

Durante esta etapa, providenciem os materiais necessários para a construção do protótipo e coloquem o plano em ação. Ao longo do desenvolvimento do projeto, façam registros escritos e fotográficos para compor o relatório. Nas fases de testes do protótipo, produzam vídeos e anotem os resultados para serem feitos os ajustes necessários.

Com o protótipo pronto, revejam o projeto e os dados inseridos no relatório de desenvolvimento para montar uma pequena apresentação para a feira de ciências.

Etapa III – Feira de ciências e apresentação

Nesta etapa, vocês vão organizar uma feira de ciências para a comunidade local. Cada grupo pode ficar responsável por uma parte da organização. Providenciem cartazes e convites virtuais para divulgar a feira para a comunidade. Postem os convites nas redes sociais e no *site* da escola e compartilhem-nos com seus colegas e familiares.

No dia da feira de ciências, exponham o protótipo aos convidados. Durante a apresentação, mostrem alguns dados do relatório, como imagens e vídeos das fases de testes, e aproveitem para explicar os ajustes realizados para o produto final.

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 mundo tecnológico?
- 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

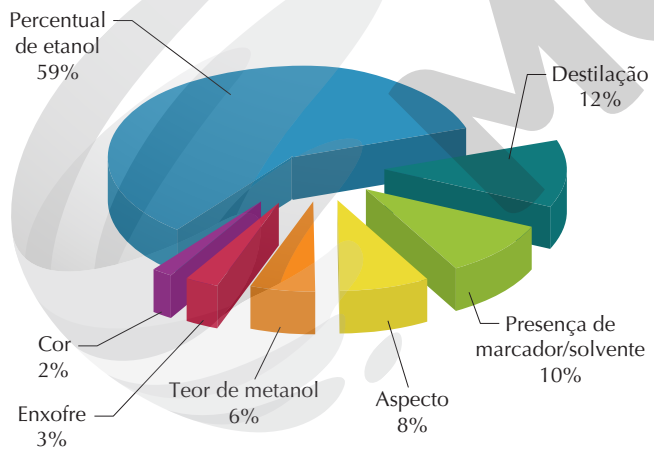
Análise forense

ROBSON VENTURA/FOLHAPRESS

Posto de combustíveis fechado pela Agência Nacional do Petróleo. (São Paulo, SP, 2007.)

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Percentual de irregularidades verificadas em amostras de gasolina em 2019



Fonte: AGÊNCIA Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). *Fiscalização do Abastecimento em Notícias*: Balanço anual 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/fiscalizacao/2019.pdf>. Acesso em: 2 set. 2020.

Entre 2006 e 2018, a frota brasileira de veículos cresceu quase 225%, e esse número continua aumentando. Quatro tipos de combustível abastecem a maior parte dessa frota: diesel, etanol, gasolina e gás natural veicular (GNV). Todos eles são misturas, não substâncias puras. Por exemplo, no Brasil, o etanol combustível contém um limite máximo de 4,9%, em volume, de água. O mesmo acontece com a gasolina, além de ser obtida naturalmente como uma mistura de hidrocarbonetos, a ela é adicionado etanol anidro, no limite máximo de 27%, em volume. Esses limites são periodicamente reajustados e os valores informados referem-se a agosto de 2020. Porém, quando a mistura que constitui um combustível apresenta composição diferente de suas especificações, ele é considerado adulterado, lesando o consumidor. Essa prática tem o objetivo de aumentar os lucros com a venda dos combustíveis e, apesar de ilegal, ainda ocorre em muitos postos de abastecimento. No primeiro semestre de 2019, foram realizadas 9.061 ações de fiscalização em todo o território nacional. Desse total, foram identificadas 1.654 infrações e 526 postos de combustíveis foram interditados. Além de verificar a porcentagem de água no etanol e de etanol na gasolina, outros parâmetros são avaliados em função do tipo de combustível e podem levar à interdição do posto de abastecimento, como a presença de metanol e enxofre fora dos limites estabelecidos em legislação, ou, ainda, propriedades físico-químicas, como a densidade e a pressão de vapor.

- Interprete as imagens e o texto da abertura da Unidade. Onde devemos procurar informações para saber se um posto de combustível já foi autuado por comercializar produtos adulterados?

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

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

Como a Ciência contribui na investigação de crimes, falsificações e outros atos ilegais? Técnicas e saberes científicos são utilizados na busca por pistas e provas, no que se convencionou chamar de Ciência Forense. Ao longo desta Unidade serão apresentados alguns conceitos, métodos e exemplos que envolvem a análise forense.

Nos Temas 1 e 2, são abordados aspectos da composição e propriedades dos combustíveis, alimentos, bebidas e medicamentos, assim como algumas técnicas de análise química; conhecê-los é essencial para identificar possíveis adulterações. Ainda nesses temas, são apresentados os princípios de técnicas analíticas como densimetria, titulação e cromatografia, aplicadas em exames *antidoping* e controle de qualidade, por exemplo. Os conceitos básicos de Genética são desenvolvidos ao longo do Tema 3, dando subsídios para o entendimento de técnicas de identificação de pessoas a partir do seu material genético (DNA). No Tema 4, é abordado como a Ciência Forense atua na investigação de acidentes automobilísticos, analisando as possíveis causas de uma colisão. No Tema 5, são apresentados alguns instrumentos que fazem parte da rotina dos pesquisadores forenses, como câmeras fotográficas e microscópios, alinhados aos conceitos da óptica linear que envolvem lentes e espelhos.

Para finalizar esta Unidade, as seções finais integram os conteúdos abordados promovendo discussões à luz de situações do cotidiano, como a prevenção dos acidentes de trânsito e o papel da fiscalização de produtos comercializados, principalmente alimentos e medicamentos, contribuindo para a reflexão, a conscientização, o posicionamento crítico e o desenvolvimento da argumentação em relação à segurança da sociedade. Além disso, elas apresentam a importância da compreensão e do emprego correto das medições para a obtenção e a divulgação de dados confiáveis.

Assim, os objetivos gerais desta Unidade são:

- Conhecer alguns princípios, técnicas e instrumentos utilizados para análise forense, tanto para elucidar crimes quanto para compreender as causas de um acidente.
- Compreender os fundamentos biológicos e químicos associados à identificação de indivíduos com base no seu material genético.
- Avaliar a importância para a sociedade dos procedimentos adotados para verificar irregularidades em diversos produtos utilizados no cotidiano.

Pense nisso!

Registre em seu caderno

Tema 1. O teste da proveta é realizado para avaliar se a gasolina comercializada está adulterada. Ele consiste na mistura de partes iguais e exatas de água e gasolina. Após agitação, é possível constatar a quantidade de etanol que foi adicionada à gasolina, pois o volume da fase aquosa se torna maior do que o inicial. Tente explicar, do ponto de vista físico-químico, como esse teste funciona.

Tema 2. Como o desenvolvimento científico e tecnológico contribui para aprimorar a produção e o uso dos medicamentos?

Tema 3. De que forma as ideias de Mendel e as novas tecnologias do DNA auxiliam na identificação de pessoas e nos testes de paternidade? E na solução de crimes?

Tema 4. Alguns equipamentos de segurança presentes em veículos automotores, como os freios de carros e motocicletas, são um tipo de máquina simples. Qual é essa máquina simples e como os freios ajudam na prevenção de acidentes?

Tema 5. O microscópio de luz é uma importante ferramenta para a análise de materiais extremamente pequenos ou invisíveis a olho nu. Explique o que você sabe sobre o seu funcionamento.

Por dentro da BNCC

O trabalho com esta Unidade favorece o desenvolvimento das competências e das habilidades citadas a seguir.

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10

Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 2; 3

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT304; EM13CNT306; EM13CNT307

Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Competência específica: 5

Habilidade: EM13CHS501

Área de Matemática e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 3

Habilidades: EM13MAT102; EM13MAT311; EM13MAT312; EM13MAT313

Área de Linguagens e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 3

Habilidades: EM13LGG103; EM13LGG301; EM13LGG302; EM13LP05; EM13LP07; EM13LP27

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

MODERNA

TEMA 1

Adulteração de combustíveis, alimentos e bebidas

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT301; EM13CNT306; EM13CNT307

Comente com os estudantes que o controle e a fiscalização em ações de combate à falsificação são realizados por órgãos governamentais, como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Esses órgãos também definem, por meio de resoluções específicas, as características dos produtos destinados ao consumo. Essas informações servem de parâmetro para as análises que identificam e atestam a qualidade desses produtos.

Fique por dentro

Técnica expõe adulteração "invisível" do leite

SUGIMOTO, L. *Jornal da Unicamp*, 31 out. 2018.

Esta reportagem mostra uma nova técnica de investigação para determinação da adulteração do leite. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/10/31/tecnica-expoe-adulteracao-invisivel-do-leite>.

Estados da matéria: básico

Escolha um material, controle sua temperatura e pressão e observe o comportamento de suas partículas nesse simulador da Universidade do Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html>.

Acessos em: 1º set. 2020.

A adulteração de produtos destinados ao consumo é infelizmente praticada e tem como principal objetivo aumentar o lucro das vendas. Essa prática diminui a qualidade do produto comercializado, e, muitas vezes, põe em risco o ambiente e a saúde do consumidor, além de ser considerada crime, previsto no Código Penal brasileiro.

Uma das formas de adulteração do etanol comercializado nos postos de combustíveis, por exemplo, é a adição de água ou de metanol. Como essas substâncias são incolores e solúveis em etanol, os indícios da adulteração não são visivelmente evidentes.

Outros exemplos são a adulteração e a falsificação de alimentos e bebidas. No leite, a adulteração pode ocorrer pela adição de água ou de soro de leite proveniente da produção de queijo, para aumentar seu volume. Nesse caso, para ocultar a diluição, alguns distribuidores adicionam amido de milho ao produto. Entretanto, já foram encontradas outras substâncias, como o formaldeído (CH_2O), conhecido como formol, e o hidróxido de sódio (NaOH), ou soda cáustica, adicionadas ao leite com o objetivo de mascarar péssimas condições de higiene, aumentando o prazo de validade até sua esterilização. Como as quantidades adicionadas dessas substâncias são muito pequenas, a aparência do leite não é alterada, mas essa prática modifica de maneira significativa as características físico-químicas do produto, além de ter efeitos prejudiciais ao nosso organismo.

Conhecer as propriedades químicas e físicas características dos sistemas em nossa volta, as quais estudaremos neste Tema, permite-nos compreender certas adulterações em produtos comerciais.

Análise de misturas

Quando uma parte do Universo é selecionada como objeto de estudo e análises, recebe o nome de **sistema**. Em um sistema, podemos verificar a presença de uma única **substância**, que, em Química, pode ser descrita como uma porção específica de matéria com composição fixa e propriedades bem definidas. Entretanto, os sistemas, mesmo que tenham aspecto uniforme, muitas vezes são formados por mais de uma substância. Esse tipo de sistema é denominado **mistura**. Alguns exemplos de mistura são o leite, a gasolina e o etanol combustível.

Uma amostra de leite é considerada um **sistema heterogêneo**. Nesses sistemas, mais de uma **fase** (ou porção) está presente, cada uma apresentando as mesmas propriedades físicas e químicas em toda a sua extensão. Nesse caso, para distingui-las, é necessário o auxílio de um microscópio, a fim de verificar suas interfaces, isto é, as superfícies que dividem as fases do sistema (**Fig. 1.1**). Esses sistemas também são denominados misturas heterogêneas.

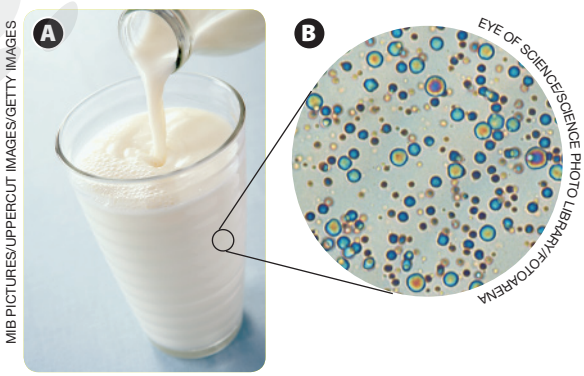


Figura 1.1 **(A)** Copo contendo leite de vaca integral. **(B)** Na ampliação, é possível observar os glóbulos de gordura presentes no leite. (Imagem obtida de microscópio de luz, colorizada artificialmente e ampliada cerca de 150 vezes).

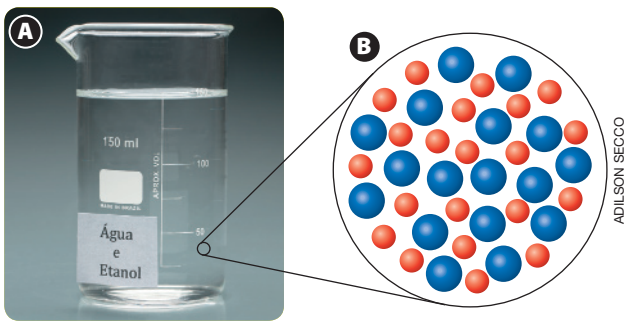
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Existem sistemas que, mesmo quando observados por meio de um microscópio de luz, apresentam apenas uma fase. Nesse caso, dizemos tratar-se de um **sistema homogêneo**. Qualquer porção desse sistema apresenta as mesmas propriedades físicas e químicas. Esses sistemas também podem ser denominados misturas homogêneas ou soluções.

Um exemplo de solução é o etanol combustível, formado principalmente por etanol e água. Nesse sistema, as moléculas estão homogeneamente dispersas, ou seja, ele só apresenta uma fase, sem interfaces que possam ser distinguidas por microscópio de luz (**Fig. 1.2**).

FABIO YOSHIHITO MATSUURA/ MOSAICO FOTOGRAFIA



ADILSON SECCO

Figura 1.2 **(A)** Sistema formado por uma mistura de água e etanol em um béquer. **(B)** Representação submicroscópica das moléculas de água, em vermelho, e de etanol, em azul, homogeneamente distribuídas na solução. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Propriedades das misturas

As substâncias apresentam propriedades específicas que as caracterizam. No entanto, ao se misturarem, são verificadas novas propriedades na mistura resultante. Propriedades como a densidade, as temperaturas de fusão e de ebulição e o índice de refração (que é estudado no **Tema 5** desta Unidade) são particularmente úteis para caracterizar uma mistura homogênea e podem ser utilizadas para averiguar casos de adulteração.

Densidade

A densidade relaciona a massa e o volume de um sistema, que pode ser sólido, líquido ou gasoso. O etanol anidro, por exemplo, tem densidade igual a 0,79 g mL^{-1} a 20 °C e 1 atm, o que significa que cada mililitro dessa substância tem massa de 0,79 grama nas condições especificadas.

O valor da densidade (*d*) pode ser obtido dividindo o valor da massa (*m*) pelo valor do volume (*V*) e ele independe da quantidade de matéria, a densidade é uma **propriedade intensiva** da matéria.

Sua unidade de medida é, portanto, composta de uma unidade de massa (mg, g, kg etc.) dividida por uma unidade de volume (mL, cm^3, L, m^3 etc.). No Sistema Internacional de Unidades (SI), ela é expressa em kg m^{-3}, sendo muito comum que a indicação seja feita em g mL^{-1}, ou o equivalente g cm^{-3}.

Se os estudantes já tiverem aprendido sobre interações intermoleculares, você pode explicar essa observação com base nesse conceito.

Essa é uma propriedade que permite diferenciar substâncias, pois duas substâncias, à mesma pressão e temperatura, não têm a mesma densidade. Quando há misturas de substâncias, a densidade do sistema também assume um valor único e dependente da proporção dos componentes misturados, assim como da temperatura do sistema e da pressão do meio. O aumento da temperatura ou a redução da pressão faz com que as partículas se afastem, resultando no aumento do volume total e, consequentemente, na diminuição da densidade.

A densidade de uma mistura homogênea pode ser determinada dividindo o valor total da massa pelo valor total do volume, considerando todos os constituintes do sistema, de acordo com a seguinte fórmula:

$$d(\text{mistura}) = \frac{\sum m}{V(\text{mistura})}$$

em que *d*(mistura) é a densidade da mistura, $\sum m$ é o somatório das massas individuais de cada componente e *V*(mistura) é o volume da mistura. É importante salientar que o volume final da solução não corresponde à soma dos volumes das substâncias puras.

A **Tabela 1.1** apresenta alguns dados de densidade de diferentes misturas água-etanol. Note que, quanto maior a porcentagem de uma das substâncias, mais a densidade da mistura se aproxima do valor de densidade dessa substância na forma pura.

Tabela 1.1 Densidade de misturas de água e etanol

Proporção em massa (água : etanol)	Densidade (g mL^{-1}) a 20 °C
100% : 0%	0,99823
90% : 10%	0,99187
70% : 30%	0,95382
50% : 50%	0,91384
30% : 70%	0,86766
10% : 90%	0,81797
0% : 100%	0,78934

Fonte: PERRY, H. *et al*. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.

Muitas vezes, conhecemos somente a composição percentual em volume das substâncias que compõem a mistura. Nesses casos, o valor da densidade pode ser determinado pela média aritmética ponderada dos valores individuais.

$$d(\text{mistura}) = \frac{\%(\text{água}) \cdot d(\text{água}) + \%(\text{etanol}) \cdot d(\text{etanol})}{100}$$

Atualmente, a legislação brasileira permite que o etanol (C_2H_5OH) seja adicionado à gasolina vendida em postos de combustível, em uma concentração máxima de 27% em volume. A maioria dos automóveis possui motor *flex* e, por isso, a gasolina pode ser adulterada pela adição de etanol acima da concentração permitida. Já o etanol combustível não é comercializado puro e contém um limite máximo de 4,9% em volume de água, ou seja, 4,9 partes de água em 100 partes da

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

MODERNA

mistura. O restante, 95,1%, é constituído de etanol. Assim, a densidade desse combustível, nessas proporções, é dada por:

$$d(\text{mistura}) = \frac{4{,}9 \cdot d(\text{água}) + 95{,}1 \cdot d(\text{etanol})}{100} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d(\text{mistura}) = \frac{4{,}9 \cdot 1{,}00\ \text{g mL}^{-1} + 95{,}1 \cdot 0{,}79\ \text{g mL}^{-1}}{100}$$

$$\therefore\ d(\text{mistura}) \approx 0{,}80\ \text{g mL}^{-1}$$

Para determinar se uma amostra desse combustível foi adulterada com adição de uma quantidade de água maior do que a permitida, podemos determinar a densidade da amostra suspeita e comparar com um valor de referência, como o que determinamos no exemplo.

Como medir experimentalmente a densidade?

A determinação experimental da densidade pode ser realizada indiretamente, por meio da medição da massa e do volume do material, ou diretamente, utilizando instrumentos de medição específicos.

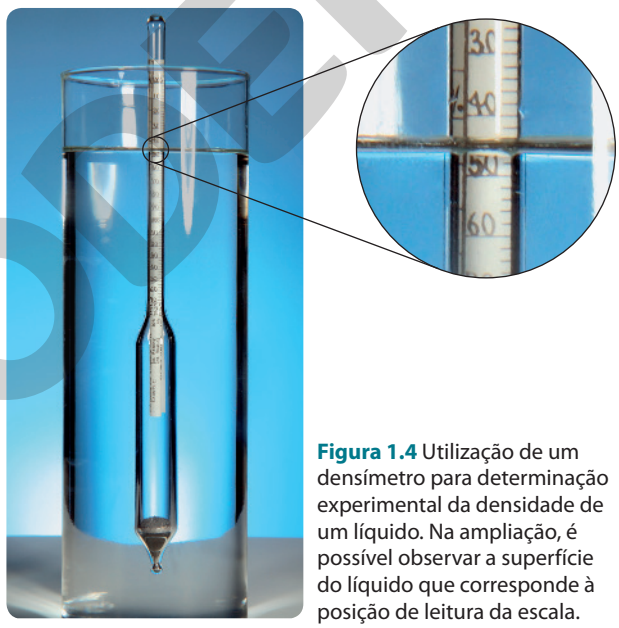
Um instrumento de laboratório utilizado para determinar a densidade de líquidos com bastante precisão é o **picnômetro**, nome de origem grega, em que *pyknós* significa "denso" e *métron*, "medir" (**Fig. 1.3**). Esse instrumento de vidro é ajustado para comportar um volume fixo e conhecido de líquido em seu interior.

A fim de evitar alterações de volume dos instrumentos e do líquido a ser analisado, deve-se controlar a temperatura no ambiente da análise. O primeiro procedimento é a determinação da massa do picnômetro limpo e seco, em uma balança analítica. Em seguida, o instrumento é preenchido com água destilada, tampado e a porção de água que transpassa o orifício da tampa é cuidadosamente seca. A massa do conjunto é, então, medida na balança novamente, e a massa de água é determinada pela diferença entre as massas final e inicial. Como a densidade da água em diversas temperaturas pode ser consultada em livros de referência, é possível determinar o volume da água utilizado para preencher o picnômetro. Esse volume corresponde ao volume interno do picnômetro. Tal procedimento é chamado de **calibração** e tem por finalidade diminuir os erros experimentais que, no caso descrito, poderiam ocorrer se fosse empregado o volume do picnômetro indicado pelo fabricante, que varia com a temperatura, além de eventuais desgastes em decorrência do uso. Finalmente, a água é descartada e o procedimento é refeito com o líquido a ser analisado.

H. S. PHOTOS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 1.3 Picnômetro preenchido com uma solução de cor azulada. É possível notar uma coluna do líquido que transpassa a abertura que existe na tampa.

Outro equipamento, o **densímetro**, também permite a determinação direta da densidade de substâncias e soluções líquidas. Esse instrumento de medição é constituído de um bulbo de vidro lacrado em que na parte inferior há chumbo, ou outro metal, e uma escala com valores de densidade na haste superior. Para a medição, o densímetro é inserido em uma proveta contendo o líquido a ser analisado e o valor da densidade é lido diretamente na escala após o densímetro se estabilizar, flutuando no líquido (**Fig. 1.4**). A flutuabilidade do densímetro será proporcional à densidade do líquido analisado. Ou seja, quanto menor a densidade do líquido, mais o densímetro afunda, e vice-versa.



TED KINSMAN/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 1.4 Utilização de um densímetro para determinação experimental da densidade de um líquido. Na ampliação, é possível observar a superfície do líquido que corresponde à posição de leitura da escala.

Para que o consumidor possa fiscalizar a qualidade do etanol com que abastece seu veículo, um densímetro termocompensado (**Fig. 1.5**) é acoplado às bombas de etanol nos postos de combustíveis. Caso haja mais água do que é permitido por lei, a densidade da mistura será maior do que as especificações e o densímetro será deslocado para cima, permitindo que o consumidor identifique a adulteração. Esses dispositivos são padronizados e de uso obrigatório nos postos de combustíveis. Quando a temperatura aumenta, a densidade do combustível diminui e o densímetro afunda, mas o fluido na coluna interna se dilata e sobe pelo tubo, compensando esse efeito.

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

Se julgar conveniente, converse com os estudantes sobre a diferença no nível de precisão entre uma balança analítica e o tipo de balança comumente encontrado em cozinhas.

Se achar conveniente e tiver densímetros disponíveis na escola, faça uma rápida demonstração para os estudantes, utilizando amostras de água, leite integral e leite com adição de água.

FE REIS/FOTOARENA

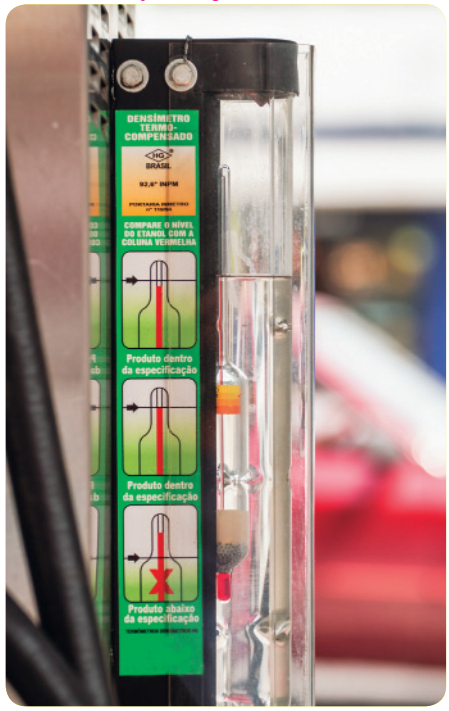


Figura 1.5 Densímetro termocompensado em bomba de etanol. Se a coluna vermelha estiver acima da superfície do líquido, o etanol está fora da especificação.

A escala de um densímetro é ajustada para a leitura das unidades de densidade, geralmente, em g mL^{-1}. Entretanto, outras escalas podem ser ajustadas em função da determinação de uma característica específica. Por exemplo, os alcoômetros são densímetros em que a escala é ajustada para fornecer valores que variam de 0 a 100%, em função da concentração de etanol em água. Ao passo que os lactodensímetros, ou lactômetros, têm sua escala ajustada para permitir a verificação de adulteração em amostras de leite pela adição de água.

Diluição e medidas de concentração

Enfatize que é possível encontrar, em outras referências, a representação da concentração em massa com a letra *C* maiúscula. Nesta obra, optamos por utilizar a simbologia recomendada pela IUPAC.

Em uma solução, a substância presente em maior quantidade é chamada de **solvente**, e a substância que está em menor quantidade na mistura é denominada **soluto**. Entretanto, quando um dos líquidos é a água, por convenção, ela é considerada solvente, independentemente de sua proporção na mistura. A concentração de uma solução é o parâmetro usado para representar quantitativamente a composição química do sistema. Em outras palavras, a concentração descreve a proporção em que soluto e solvente estão misturados.

Algumas formas de representar essas proporções são a concentração em massa (ρ), a porcentagem em massa ($\%_{m/m}$), o título em massa (τ) e a concentração em quantidade de matéria (*c*), as quais são estudadas no **Tema 3** da Unidade **Água**. Contudo, outras medidas de concentração podem ser utilizadas, como partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb), e serão estudadas adiante.

As diferenças nas proporções entre o solvente e o soluto resultam em alterações nas propriedades físico-químicas das soluções. O índice de refração de uma solução, por exemplo, varia proporcionalmente à concentração em massa, de modo que a composição da mistura pode ser estimada com base em tabelas de referência. A **refratometria** tem sido muito utilizada em testes de qualidade de alimentos, bebidas e combustíveis.

Diluição de soluções

Diluir uma solução, em termos práticos, consiste em adicionar uma quantidade de solvente a uma solução, sem alterar a quantidade de soluto. Esse procedimento permite a obtenção de soluções de concentração mais baixa a partir de soluções previamente preparadas, denominadas **solução-estoque**.

A adulteração do leite por adição de água é um exemplo de diluição. Vamos supor que a uma amostra de 100 mL de leite contendo 4,5 g L^{-1} de glicídios foram adicionados 400 mL de água. A concentração desses glicídios diminui ao passo que o volume do sistema aumenta.

Para determinar a concentração em massa após a adição de solvente precisamos verificar a massa de soluto na amostra de leite antes da diluição.

Como aprendemos, a densidade relaciona a massa total do sistema e o volume ocupado por ele. Já a concentração em massa de uma solução (ρ) indica a massa do soluto que está presente em dado volume de solução. Note que as unidades de medida para a concentração em massa são as mesmas utilizadas para expressar a densidade. Entretanto, essas grandezas são diferentes.

Massa de soluto	Volume da solução
4,5 g	1.000 mL
m(soluto)	100 mL

Se julgar conveniente, explore a composição do leite para diferenciar solução, dispersão coloidal e suspensão. No leite, a água forma com os minerais e a lactose uma solução, e com as proteínas e as gorduras, uma dispersão coloidal.

$$m(\text{soluto}) = \frac{4{,}5\ \text{g} \cdot 100\ \text{mL}}{1.000\ \text{mL}} = 0{,}45\ \text{g}$$

Em seguida, determinamos o valor da concentração em massa para o volume final da solução. Desprezando a contração de volume após a diluição, temos:

$$\rho = \frac{m(\text{soluto})}{V(\text{solução})} = \frac{0{,}45\ \text{g}}{0{,}500\ \text{L}} \therefore \rho = 0{,}90\ \text{g L}^{-1}$$

Como a massa do soluto permanece a mesma, os cálculos apresentados podem ser resumidos na seguinte relação:

$m(\text{soluto na solução-estoque}) = m(\text{soluto na solução final})$

Dado que $m = \rho V$, temos:

$\rho(\text{solução-estoque}) \cdot V(\text{solução-estoque}) =$

$= \rho(\text{solução final}) \cdot V(\text{solução final})$

Retomando o exemplo apresentado no início desse tópico, os cálculos podem ser representados da seguinte forma:

$4{,}5\ \text{g L}^{-1} \cdot 100\ \text{mL} = \rho(\text{solução final}) \cdot 500\ \text{mL}$

$\therefore \rho(\text{solução final}) = 0{,}90\ \text{g L}^{-1}$

A concentração em quantidade de matéria é também conhecida como molaridade ou concentração molar, mas o uso desses termos, desaconselhado pela IUPAC, vem diminuindo com o passar do tempo. Também é possível encontrar em outras referências a representação da concentração em quantidade de matéria com o símbolo *M*.

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

MODERNA

Em 2018, a IUPAC aconselhou que o uso dos termos, símbolos e unidades ppm, ppb e similares fosse abandonado, com o intuito de evitar ambiguidades. Por exemplo, em Portugal, a quantidade 1.000.000.000 é lida como mil milhões, e não 1 bilhão, como no Brasil. Se julgar pertinente, indique aos estudantes que existem outras unidades de medida para essas concentrações, desde que sejam respeitadas as ordens de grandeza de 10^6 e 10^9: por exemplo, mL m^{-3} e µmol mol^{-1} em substituição ao ppm e µL m^{-3} e nmol mol^{-1}, em substituição ao ppb.

Nos laboratórios, o procedimento de diluição é realizado com o auxílio de instrumentos de medição bastante precisos, como os mostrados na **Figura 1.6**.

FOTOS: DOTTA2

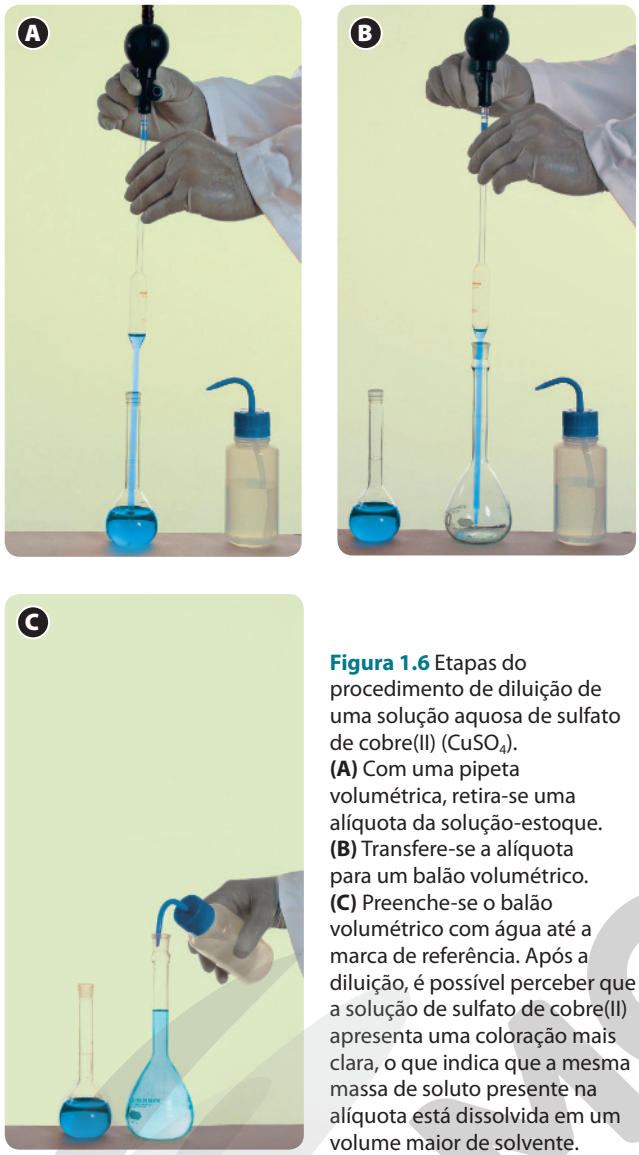


Figura 1.6 Etapas do procedimento de diluição de uma solução aquosa de sulfato de cobre(II) ($CuSO_4$). **(A)** Com uma pipeta volumétrica, retira-se uma alíquota da solução-estoque. **(B)** Transfere-se a alíquota para um balão volumétrico. **(C)** Preenche-se o balão volumétrico com água até a marca de referência. Após a diluição, é possível perceber que a solução de sulfato de cobre(II) apresenta uma coloração mais clara, o que indica que a mesma massa de soluto presente na alíquota está dissolvida em um volume maior de solvente.

Concentração em partes por milhão e partes por bilhão

Entre os anos 1998 e 2014, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) determinou a redução gradual da quantidade de enxofre na gasolina como uma das formas de controle de emissão de poluentes. A quantidade máxima de enxofre permitida na gasolina era de 1.500 mg kg^{-1} e, atualmente, só é permitida a comercialização desse combustível com concentração máxima de enxofre de 50 mg kg^{-1}.

Sabendo que 1 kg equivale a 1.000.000 mg, ou 10^6 mg, uma forma de representar a concentração máxima permitida de enxofre na gasolina seria 50 mg $(10^6 \text{ mg})^{-1}$, que corresponde a 50 partes por milhão, denotado por 50 ppm.

Suponha que uma amostra de 150 g de gasolina tenha apresentado 12 mg de enxofre. Para verificar se essa amostra está de acordo com as especificações da ANP, podemos calcular a quantidade, em mg, de enxofre que, proporcionalmente, estaria presente em 1.000.000 mg do combustível.

Massa de soluto	Massa da solução
12 mg	150.000 mg
m(soluto)	1.000.000 mg

$$m(\text{soluto}) = \frac{12 \text{ mg} \cdot 1.000.000 \text{ mg}}{150.000 \text{ mg}} = 80 \text{ mg}$$

Logo, a concentração de enxofre é 80 ppm. Note que a amostra analisada não atende à especificação.

Vale ressaltar que, apesar de amplamente utilizada, essa abreviação para especificar uma unidade de medida é desaconselhada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC). A justificativa é que, por vezes, essa unidade de medida se refere ao volume ou às partículas da mistura, e não à massa, como no exemplo, podendo causar má interpretação de um dado apresentado com essa simbologia.

Concentração em graus GL e INPM

Para as soluções de etanol em água, existem medidas de concentração específicas, mas que estão baseadas naquelas geralmente usadas no estudo das soluções.

Em 2020, nos meses iniciais da pandemia do coronavírus SARS-CoV-2, houve aumento na demanda de etanol ou álcool etílico líquido e em gel na concentração 70% em volume, desencadeando na escassez desses produtos. Nesse contexto foi constatado um aumento nos casos de adulteração desse e de outros saneantes.

Essa medida de concentração é determinada com base na **fração volúmica** (φ) de soluto no sistema.

$$\varphi = \frac{V(\text{soluto})}{V(\text{soluto}) + V(\text{solvente})}$$

A concentração em grau GL (°GL) tem origem nos trabalhos do químico francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850). Ela corresponde à fração volúmica multiplicada por 100%. No caso da mistura etanol-água, indica a porcentagem em volume de etanol na solução, ou seja, a graduação alcoólica. Por exemplo, as soluções de etanol 70%, em volume, podem também ser classificadas como soluções 70 °GL.

Já a concentração em grau INPM (°INPM) refere-se ao Instituto Nacional de Pesos e Medidas, atual Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Essa medida de concentração indica a porcentagem em massa do soluto na solução e, portanto, relaciona-se com a fração mássica de etanol anidro no sistema. A **fração mássica** é calculada de forma análoga à fração volúmica. Para isso, em vez de volume utiliza-se as massas dos componentes da mistura.

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

MODERNA

Como as densidades da água e do etanol são diferentes, a quantidade de etanol em uma solução 70 °INPM é diferente da de uma solução 70 °GL. Para transformar °GL em °INPM basta multiplicar os volumes na expressão da fração volúmica pela densidade das substâncias. Assim, tomando como exemplo 100 mL de solução, temos:

$$70\,°\text{GL} = \frac{70\ \text{mL de etanol}}{30\ \text{mL de água} + 70\ \text{mL de etanol}} \cdot 100$$

$$\Rightarrow x = \frac{70\ \text{mL} \cdot 0{,}79\ \text{g mL}^{-1}}{30\ \text{mL} \cdot 1{,}00\ \text{g mL}^{-1} + 70\ \text{mL} \cdot 0{,}79\ \text{g mL}^{-1}} \cdot 100$$

$$x = \frac{55{,}3\ \text{g}}{30\ \text{g} + 55{,}3\ \text{g}} \cdot 100 \therefore x \approx 64{,}8\ °\text{INPM}$$

Logo, uma solução aquosa de etanol 70% equivale a uma mistura 70 °GL ou 64,8 °INPM.

Molalidade

A relação entre a quantidade de matéria de um soluto e a massa de um solvente, em quilograma, é denominada molalidade (*b*). Essa unidade de concentração costuma ser a escolhida quando uma solução vai ser utilizada em diferentes temperaturas. Isso porque a massa, ao contrário do volume, não se altera com a pressão e a temperatura. Outra vantagem é que a molalidade de um componente permanece inalterada após a adição ou a remoção de outros solutos.

Considere o preparo de uma solução pela adição de 10 g de cloreto de potássio, KCl ($M = 74{,}5\ \text{g mol}^{-1}$), em 100 g de água. Para calcular a molalidade dessa solução, primeiro é necessário calcular a quantidade de matéria (*n*) de soluto presente em 10 g de KCl:

$$n(\text{KCl}) = \frac{m(\text{KCl})}{M(\text{KCl})} = \frac{10\ \text{g}}{74{,}5\ \text{g mol}^{-1}} \therefore n(\text{KCl}) \approx 0{,}134\ \text{mol}$$

Em seguida, calcula-se a molalidade a partir da quantidade de matéria de soluto e da massa de solvente:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100\ \text{g} = 0{,}1\ \text{kg}$$

$$b = \frac{n(\text{KCl})}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0{,}134\ \text{mol}}{0{,}1\ \text{kg}} \therefore b = 1{,}34\ \text{mol kg}^{-1}$$

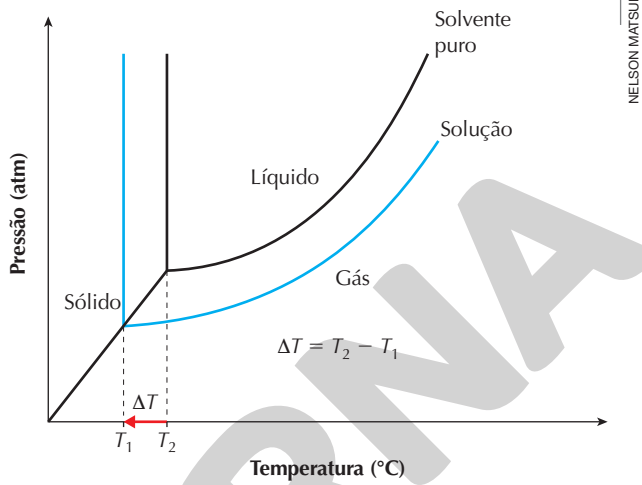
:: Efeitos crioscópico e ebulioscópico

Algumas propriedades físico-químicas das soluções são influenciadas pela concentração dos solutos não voláteis – aqueles que não evaporam rapidamente – independentemente de sua natureza química. Essas propriedades são denominadas **propriedades coligativas**. Duas delas, o efeito tonoscópico e a osmose, são estudadas no **Tema 5** da Unidade **Água**. Agora, estudaremos outras duas.

O **efeito crioscópico** ou crioscopia é caracterizado pela redução da temperatura de fusão ou congelamento da solução em comparação ao solvente em decorrência da presença de um soluto, miscível e não volátil, misturado a ele. Na **Figura 1.7**, temos o padrão de variação da pressão de vapor em função da temperatura. Em um recipiente fechado, a **pressão de vapor** corresponde à pressão exercida pelo solvente na fase gasosa sobre a superfície do líquido. As curvas indicam as condições de pressão e temperatura em que duas fases coexistem em equilíbrio dinâmico.

Os diagramas de fase são discutidos na Unidade **Água**.

Figura 1.7 Diagrama de fases de um solvente puro e de uma solução



NELSON MATSUDA

Fonte: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. 13. ed. Tradução Eloiza Lopes, Tiago Jonas, Sonia M. Yamamoto. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Note que a mudança de fase de um solvente puro da fase líquida para a fase sólida acontece a uma temperatura T_2. Ao adicionar um soluto não volátil ao solvente, a solução resultante apresenta temperatura de congelamento menor (T_1). Isso acontece porque a solução apresenta pressão de vapor menor que a do solvente puro.

Essa diferença entre as temperaturas de congelamento verificada nas soluções é proporcional à molalidade dos solutos presentes no sistema. Assim:

$$\Delta T = K_c b i$$

Em que ΔT = variação da temperatura de congelamento ou índice crioscópico, K_c = constante crioscópica (específica para cada solvente), b = molalidade, i = fator de van't Hoff (número de partículas por fórmula de soluto após a dissolução).

Como a magnitude de ΔT depende de *i*, solutos na mesma molalidade podem ter efeitos diferentes. Por exemplo, a diminuição da temperatura de congelamento por substâncias moleculares que não se ionizam em água, como a lactose ($i = 1$), é menor que a observada no caso de substâncias iônicas, como o cloreto de potássio ($i = 2$).

O índice crioscópico é útil na detecção de adulterações do leite por adição de água. Isso porque a temperatura de congelamento máxima do leite aceita pela legislação brasileira é de −0,512 °C, inferior à da água por causa da composição do produto (presença de glicídios, lipídios, proteínas e minerais).

O leite bovino apresenta composição variável de acordo com a raça do gado leiteiro, a região, o tipo de manejo etc. Contudo, essas diferenças não causam alterações significativas na temperatura de congelamento do leite.

Informe aos estudantes que é possível encontrar em outras referências a representação da molalidade com a letra *W* maiúscula. Os símbolos recomendados pela IUPAC, no entanto, são a letra *m* ou a letra *b* minúsculas. Nesta obra, adotamos a simbologia da IUPAC e preferimos utilizar *b* para não haver confusão com o símbolo de massa.

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

MODERNA

Ao adicionar água ao leite, a temperatura de congelamento tende a se elevar para valores mais próximos ao da temperatura de transição de fase da água, 0 °C. Nos laticínios, o teste é realizado por meio de um crioscópio, equipamento que conta com um termômetro bastante sensível e que permite analisar uma amostra em poucos minutos.

Outra propriedade influenciada pela presença de um soluto não volátil em solução é a temperatura de ebulição. Nesse contexto, sabemos que, para uma substância entrar em ebulição, sua pressão de vapor deve se igualar à pressão atmosférica a certa temperatura. Por isso, quanto maior for sua pressão de vapor, mais facilmente a substância evaporará, ou, ainda, menor será a temperatura de ebulição.

Como mostra a **Figura 1.7**, a adição de um soluto não volátil diminui a pressão de vapor do solvente, ocasionando a elevação da temperatura de ebulição da solução em relação à substância pura. Esse fenômeno é denominado de **efeito ebulioscópico** e a variação de temperatura de ebulição de uma mistura pode ser estimada de acordo com a seguinte expressão:

$$\Delta T = K_e bi$$

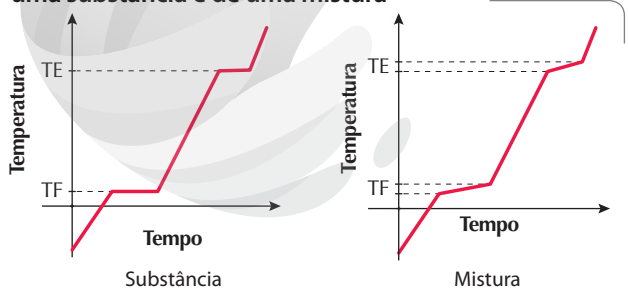
Em que K_e é a constante ebulioscópica (específica para cada solvente) e os demais parâmetros são equivalentes à expressão do índice crioscópico.

Outra maneira de diferenciar uma mistura homogênea de uma substância é observar a **curva de aquecimento** (ou resfriamento) de cada um desses sistemas.

As substâncias apresentam temperaturas de fusão e de ebulição bem definidas, ou seja, na curva de aquecimento das substâncias há dois patamares horizontais que correspondem às etapas de mudança de fase. Entretanto, durante o aquecimento de uma mistura homogênea, observa-se que as temperaturas de fusão (TF) e/ou de ebulição (TE) variam dentro de um intervalo. A **Figura 1.8** ilustra, de forma genérica, o perfil de variação da temperatura do sistema em função do tempo durante o aquecimento de uma substância e de uma mistura.

ADILSON SECCO

Figura 1.8 Curvas de aquecimento de uma substância e de uma mistura



No entanto, a diferenciação entre substâncias e misturas homogêneas por meio da análise das curvas de aquecimento nem sempre é segura. Os gráficos mostrados são teóricos. Em curvas de aquecimento reais, determinadas em laboratório, os patamares de mudança de fase podem não ser tão nítidos, por limitações do equipamento ou do operador. Além disso, existem misturas homogêneas que apresentam temperatura de fusão constante (embora com variações na temperatura de ebulição), denominadas **misturas eutéticas**. Já as **misturas azeotrópicas** apresentam apenas a temperatura de ebulição constante.

Enfatize que as curvas de aquecimento apresentadas ilustram o comportamento genérico de misturas e substâncias, e não correspondem a nenhum material real.

O etanol combustível é um exemplo de mistura azeotrópica que apresenta temperatura de ebulição constante de 78 °C, a 1 atm. Na concentração de 95% de etanol, a mistura azeotrópica formada impede que o etanol seja separado da água por destilação (técnica que envolve os processos de evaporação e condensação).

A destilação fracionada é apresentada no **Tema 2** desta Unidade e o emprego de zeólitas para produção de etanol anidro é mostrado na Unidade **Desenvolvimento sustentável**.

Determinando a concentração de uma amostra por titulação

A titulação é um procedimento laboratorial utilizado para determinar a concentração de uma solução com base na estequiometria da equação química que descreve uma determinada transformação.

Essa técnica é útil na indicação da qualidade de bebidas fermentadas, como o vinho; de alimentos, como o leite e os óleos vegetais; de combustíveis, como o biodiesel; e até mesmo da água que abastece nossa casa. Em todos esses exemplos, alterações na concentração de solutos específicos são indícios de deterioração ou adulteração do produto.

A fim de compreender melhor essa técnica, vamos entender como podemos prever as quantidades das substâncias que participam das reações químicas.

Nesse sentido, a estequiometria (do grego *stoikheion* = elemento; *métron* = medir) de uma reação química diz respeito às quantidades de cada uma das substâncias que participam do processo (como reagentes) ou que nele são formadas (os produtos).

As quantidades teóricas dessas substâncias são indicadas pelos coeficientes estequiométricos nas equações químicas balanceadas. Observe a seguir algumas relações que podem ser estabelecidas a partir da equação química que representa a reação de neutralização do ácido sulfúrico, H_2SO_4 ($M = 98\ g\ mol^{-1}$), pelo hidróxido de sódio, NaOH ($M = 40\ g\ mol^{-1}$). Nessa reação formam-se sulfato de sódio, Na_2SO_4 ($M = 142\ g\ mol^{-1}$), e água, H_2O ($M = 18\ g\ mol^{-1}$).

$$H_2SO_4(aq) + 2\ NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2\ H_2O(l)$$

1 mol	2 mol	1 mol	2 mol
98 g	80 g	142 g	36 g

A proporção estequiométrica da equação química é 1 (H_2SO_4) : 2 (NaOH) : 1 (Na_2SO_4) : 2 (H_2O).

Analisando a equação química balanceada e as relações estabelecidas, podemos calcular, por exemplo, a quantidade de matéria, em mol, de Na_2SO_4 obtida após evaporação da água na reação de apenas 60 g de NaOH:

Detalhes sobre o procedimento de balanceamento de reações pelo método das tentativas, assim como os cálculos estequiométricos, são dados na Unidade **Combustíveis e motores**.

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

Massa de NaOH	Quantidade de matéria de Na_2SO_4
80 g	1 mol
60 g	$n(Na_2SO_4)$

$$n(Na_2SO_4) = \frac{60\ g \cdot 1\ mol}{80\ g} = 0{,}75\ mol$$

Imagine que, em um laboratório, haja uma solução aquosa de ácido sulfúrico de concentração desconhecida. Para determinar essa concentração, um técnico de laboratório vai empregar a técnica de titulação.

Nesse processo (**Fig. 1.9**), um volume conhecido da solução da qual se quer determinar a concentração é colocado em um erlenmeyer. A solução contendo o analito é o **titulado**. Uma bureta é completamente preenchida com uma solução padronizada, ou seja, de concentração conhecida, denominada **titulante**. Nesse caso, trata-se de uma solução de NaOH. O titulante é gotejado até que todo o analito tenha reagido.

FOTOS: TURTLE ROCK SCIENTIFIC/ SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

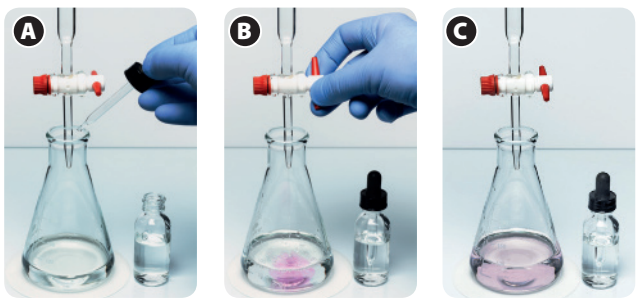


Figura 1.9 Sequência de fotos mostrando uma titulação. **(A)** No início do procedimento, são adicionadas algumas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$), um indicador ácido-base, a um volume conhecido do titulado. **(B)** A solução-padrão é despejada da bureta gota a gota. À medida que se aproxima do ponto de viragem, uma coloração rosa-claro é observada onde a gota cai, mas desaparece sob agitação do erlenmeyer. **(C)** No ponto de viragem, uma coloração rosada persistente se estende por toda a solução, indicando o fim da análise.

Para que esse procedimento seja corretamente executado é preciso conhecer a estequiometria da reação e que seu rendimento seja 100%. Contudo, como avaliar se a reação se completou ou não? Nas titulações são adicionadas pequenas quantidades de substâncias conhecidas como **indicadores**. Essas substâncias mudam de cor e auxiliam o analista a detectar quando o procedimento deve ser interrompido. Escolhido o indicador adequado, o ponto final da titulação ocorrerá próximo ao **ponto de equivalência**, que é quando o volume de titulante adicionado contém a quantidade de matéria necessária para reagir com todo o titulado. Como são adicionados em pequenas quantidades – algumas gotas ou poucos miligramas –, os indicadores não interferem na concentração das soluções.

O cálculo da concentração da solução do analito é feito levando-se em consideração o volume do titulante utilizado durante a análise. Por essa razão, as titulações também são conhecidas como análises volumétricas ou volumetrias. Nesse caso, temos uma **volumetria de neutralização**.

Considere que na titulação de 20,0 mL da solução aquosa de ácido sulfúrico tenham sido utilizados 8,0 mL de uma solução aquosa de NaOH 6,0 mol L^{-1}. Nesse caso, qual deve ser a concentração em quantidade de matéria da solução de ácido sulfúrico?

O primeiro passo é determinar a quantidade de matéria de NaOH adicionada ao erlenmeyer, por meio da concentração e do volume de titulante utilizado. Como $n = cV$, temos:

$$n(NaOH) = 0{,}0080\ L \cdot 6{,}0\ mol\ L^{-1} = 0{,}048\ mol$$

Com base na estequiometria dessa neutralização, podemos afirmar que a quantidade, em mol, do ácido equivale à metade da quantidade, em mol, da base. Assim:

$$n(H_2SO_4) = n(NaOH) \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow n(H_2SO_4) = 0{,}048\ mol \cdot \frac{1}{2}$$

$$\therefore\ n(H_2SO_4) = 0{,}024\ mol$$

Por fim, a concentração em quantidade de matéria da solução desse ácido é dada por:

$$c = \frac{n(H_2SO_4)}{V(\text{solução})} = \frac{0{,}024\ mol}{0{,}0200\ L} \therefore\ c = 1{,}2\ mol\ L^{-1}$$

Os cálculos envolvendo as observações experimentais de uma titulação podem ser resumidos à igualdade:

$$n(\text{analito}) = n(\text{titulante}) \cdot \text{razão molar}$$

A **razão molar** é determinada por meio dos coeficientes estequiométricos obtidos na equação química da reação em questão:

$$\text{Razão molar} = \frac{\text{coeficiente estequiométrico do analito}}{\text{coeficiente estequiométrico do titulante}}$$

Nas volumetrias, a escolha do titulante baseia-se nas características do titulado. Produtos de limpeza e tinturas de cabelo contêm hidróxido de amônio (NH_4OH) em sua composição. Uma das etapas do controle de qualidade desses produtos envolve a titulação de soluções desses materiais com a finalidade de determinar se a concentração do hidróxido está de acordo com as normas sanitárias vigentes. Nesses casos, o titulante é uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), por exemplo.

Muitas vezes, em uma volumetria de neutralização, equipamentos chamados pHmetros são utilizados para monitorar as reações (**Fig. 1.10**). Esses equipamentos indicam o valor do pH (potencial hidrogeniônico) do titulado durante todo o processo e permitem determinar com exatidão o ponto de equivalência. Como o cálculo da concentração envolve a variação do pH, a técnica é conhecida como **titulação potenciométrica**.

MARTYN F. CHILLMAID/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.10 Montagem de um equipamento para titulações potenciométricas. Para evitar danos ao eletrodo de pH, o titulado é mantido em agitação por uma barra magnética no interior do béquer, movimentada por um agitador. Na imagem, o equipamento indica pH = 3,97, temperatura da solução = 18,0 °C e número de medidas salvas na memória = 6.

O pH informa a concentração em quantidade de matéria de íons H^+ em solução por meio de uma escala logarítmica que varia de 0 a 14 a 25 °C, cobrindo uma faixa de concentração de íons H^+ entre $1{,}0 \cdot 10^0$ mol L^{-1} e $1{,}0 \cdot 10^{14}$ mol L^{-1}.

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

MANOBRA

O uso de um pHmetro é útil quando a coloração da solução do analito não permite uma correta visualização da mudança de cor do indicador. Isso ocorre, por exemplo, quando se determina a acidez ou a presença de antioxidantes na titulação de uma amostra de vinho. Nos vinhos adulterados ou fora da validade, os valores associados a essas características são discrepantes.

As reações de neutralização não são as únicas que podem ser empregadas nas análises volumétricas. O processo também é válido para as reações químicas que formam compostos de baixa solubilidade. Quando o analito reage formando um precipitado, o procedimento é denominado **volumetria de precipitação**.

Podemos determinar a concentração de íons cloreto (Cl^-) na água de abastecimento, por exemplo, por meio desta técnica. Concentrações abaixo dos limites legais podem indicar um comprometimento na desinfecção da água. Caso estejam acima dos limites, o produto chega à nossa casa com odor e sabor característicos do cloro residual.

Nessas análises, uma solução aquosa de nitrato de prata ($AgNO_3$) é o titulante. Na reação, forma-se cloreto de prata (AgCl), um composto insolúvel em água, que forma um precipitado branco. O indicador, nesse caso, é o cromato de potássio (K_2CrO_4), e o sistema é mantido em pH $\geqslant$ 7. No ponto de equivalência, quando a precipitação do cloreto de prata se completa, o excesso de íons Ag^+ reage com o indicador, formando um precipitado vermelho-tijolo de cromato de prata (Ag_2CrO_4). Esse método foi descrito pela primeira vez, em 1865, pelo químico-farmacêutico alemão Karl F. Mohr (1806-1879), e até hoje é conhecido como o método de Mohr.

É possível verificar a adulteração de amostras de leite com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), um conservante, por meio da titulação com uma solução aquosa de permanganato de potássio ($KMnO_4$) em meio ácido, por exemplo. A equação química que representa a reação entre o titulante e o analito está indicada a seguir.

$$5\ H_2O_2(aq) + 2\ MnO_4^-(aq) + 6\ H^+(aq) \longrightarrow 5\ O_2(g) + 2\ Mn^{2+}(aq) + 8\ H_2O(l)$$

Solução violeta — Solução incolor

Ao ser gotejado sobre o titulado, o titulante perde a cor violeta característica. Assim, imediatamente após o ponto de equivalência, um ligeiro excesso de íons MnO_4^- é capaz de colorir a solução; por isso, o titulante atua também como indicador do fim da reação nessa **volumetria de oxirredução**.

Reações de oxirredução são estudadas na Unidade **Energia e vida**.

Note que, nesse caso, a proporção estequiométrica é de 5 : 2. Logo, a razão molar é 2,5 e a proporção entre as quantidades de matéria é definida pela expressão:

$$n(H_2O_2) = n(KMnO_4) \cdot 2{,}5$$

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Ufal) A matéria existe, principalmente, em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. A maior parte da matéria é constituída por mistura de substâncias. Cada substância possui um conjunto único de propriedades físicas e químicas que pode ser utilizado para identificá-las. O gráfico a seguir apresenta a curva de temperatura *versus* tempo para três amostras materiais, I, II e III, partindo do estado sólido no tempo $t = 0$.

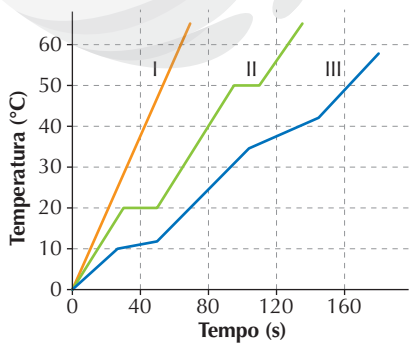


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

De acordo com o gráfico, é correto afirmar que

a) a amostra II apresenta temperatura de ebulição de 20 °C.

b) a amostra II aquece mais rápido que a amostra I.

c) à temperatura de 50 °C, a amostra I encontra-se no estado líquido.

d) as três amostras são exemplos de substâncias puras.

e) a amostra III não constitui uma substância pura por não manter as temperaturas de fusão e ebulição constantes.

2. A água do mar é composta por várias substâncias, entre elas o cloreto de sódio (NaCl), extraído e comercializado popularmente como sal comum ou sal de cozinha (depois de sua purificação e inclusão de alguns aditivos, como o iodato de potássio) e na forma de sal grosso (contendo ainda alguns íons presentes nos oceanos, como Mg^{2+}). Podemos afirmar que a água do mar, o sal comum e o sal grosso constituem, respectivamente:

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

MODERNA

a) solução, mistura homogênea e mistura heterogênea.
b) substância, substância e mistura homogênea.
c) mistura heterogênea, mistura homogênea e substância.
d) mistura homogênea, mistura heterogênea e mistura heterogênea.
e) mistura homogênea, mistura homogênea e mistura homogênea.

3. No cartum, vemos um marinheiro explicando por que fez uma âncora com certo tipo de material.

Com base na ilustração, responda às questões.
a) Por que os outros marinheiros ficaram bravos com ele?
b) Seria possível ancorar o navio? Justifique sua resposta.

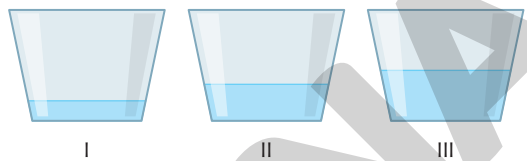
4. Em uma aula de Química, o professor apresenta um sistema constituído por três cubos de gelo, água líquida com um pouco de cloreto de sódio totalmente dissolvido e duas pequenas esferas feitas de cobre. Analise os dados da tabela a seguir e faça o que se pede.

Componentes	Densidade (g cm^{-3}) a 0 °C
Cobre	9,0
Gelo	0,9
Solução	1,2

a) Esquematize, com um desenho, o sistema apresentado pelo professor e justifique a posição de cada fase no esquema.
b) Quantas fases e quantas substâncias há nesse sistema?
c) O professor deixou o sistema aberto em repouso até que todo o gelo se fundisse e, depois, toda a água líquida evaporasse. Quantas substâncias e quantas fases há no novo sistema formado? Justifique.

5. O glifosato ($C_3H_8NO_5P$) é um herbicida utilizado para eliminar plantas indesejadas (ervas daninhas) em culturas agrícolas. Suponha que um agricultor decidiu aplicar glifosato em sua plantação e adquiriu um produto importado cuja concentração indicada no rótulo era 0,9 g mL^{-1}. Considerando que o fabricante recomendava a diluição do produto em água de 1 L para 100 L antes da aplicação e que o limite de glifosato aceito no Brasil seja de 10 ppm em massa, determine se o produto está de acordo com a legislação brasileira.
Dados: d(solução) = 1,0 kg L^{-1}; V(solução diluída) = = 100 L.

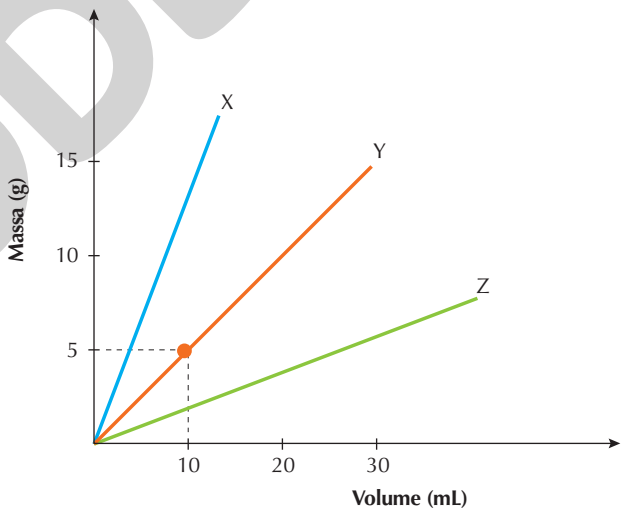
6. A densidade é uma propriedade específica da matéria e, portanto, pode ser utilizada para diferenciar e identificar as substâncias. Sabendo disso, analise os recipientes (I), (II) e (III), que apresentam o mesmo diâmetro e a mesma altura. Cada um contém a mesma massa de três substâncias líquidas diferentes – etanol, água e metanol – em ordem desconhecida.



(Imagens sem escala, cores-fantasia.)

Dado que, a 20 °C, a densidade do etanol é 0,7893 g cm^{-3}, a da água é 0,9982 g cm^{-3} e a do metanol é 0,7914 g cm^{-3}, qual substância está presente em cada um dos recipientes? Explique seu raciocínio.

7. (UEFS-BA) O gráfico abaixo representa a densidade de três substâncias arbitrariamente designadas como X, Y e Z.



Julgue qual(quais) afirmação(ões) abaixo é(são) verdadeira(s) e qual(quais) é(são) falsa(s).
I. A densidade da substância X é maior que a da substância Z.
II. Nas mesmas condições de temperatura e pressão, massas iguais das substâncias X e Y ocupam o mesmo volume.
III. A densidade aproximada da substância Y é de 0,5 g/mL.

8. Suponha que, em um dia cuja temperatura era 20 °C, uma pessoa com mais de 18 anos de idade e 70 kg tenha ingerido 300 mL de uma bebida com teor alcoólico de 5 °GL. Considerando que a quantidade de etanol que o corpo pode eliminar é da ordem de

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

0,2 grama por quilograma de massa corporal por hora, determine aproximadamente quanto tempo após a ingestão da bebida essa pessoa terá metabolizado e eliminado todo o etanol consumido.

9. O ácido clorídrico concentrado apresenta 37,5% de HCl em massa e densidade de 1,2 g cm^{-3}. Que volume, em mL, de ácido clorídrico concentrado deve ser utilizado para preparar 7 L de uma solução de concentração 0,8 mol L^{-1} de HCl(aq)?

10. Em um laboratório, um frasco que contém solução de hidróxido de potássio (KOH), de concentração desconhecida, precisa ser rotulado corretamente. Para isso, o técnico do laboratório utilizou o seguinte procedimento:

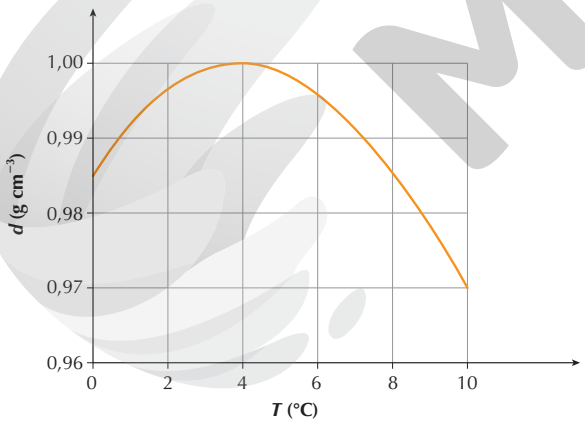
- transferiu com uma pipeta volumétrica 10,0 mL da solução de KOH para um erlenmeyer;
- adicionou ao erlenmeyer 40,0 mL de água destilada, agitando o sistema;
- adicionou 3 gotas de indicador ácido-base azul de bromotimol ($C_{27}H_{28}Br_2O_5S$), cuja alteração de cor ocorre na faixa de pH entre 6,0 e 7,6, passando de amarelo para azul;
- completou uma bureta com uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) previamente padronizada, de concentração 0,100 mol L^{-1};
- gotejou a solução de ácido até verificar alteração na cor do sistema, anotando o volume gotejado: 25,0 mL.

a) Qual é o nome da técnica empregada pelo técnico de laboratório?

b) Escreva em seu caderno a equação química da reação ocorrida.

c) Calcule a concentração (em mol L^{-1}) da solução de hidróxido de potássio.

11. As substâncias, em geral, têm sua densidade reduzida com o aumento da temperatura. Entretanto, existem algumas substâncias que apresentam comportamento anômalo. O exemplo mais conhecido é o da água, como se pode ver no gráfico a seguir.



a) Em qual intervalo de temperatura o comportamento da água se mostra anômalo?

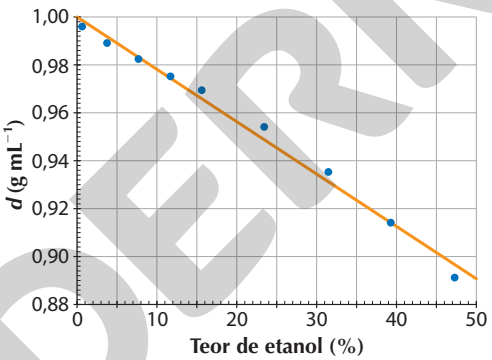
b) O valor apresentado no gráfico para a densidade da água a 0 °C corresponde à densidade da água na fase sólida? Justifique sua resposta.

12. Suponha que haja duas soluções, uma contendo 1 kg de água e 3 mol de cloreto de sódio (NaCl) e outra contendo 1 kg de água e 5 mol de glicose ($C_6H_{12}O_6$), ambas submetidas à mesma pressão atmosférica. Responda e justifique:

a) qual das soluções apresentará maior temperatura de ebulição?

b) qual apresentará maior temperatura de congelamento?

13. O gráfico a seguir representa a densidade, medida a 25 °C e 1 atm, de misturas de etanol e água, em função do teor de etanol, e serve de parâmetro para a análise de produtos que contenham essa substância, comercialmente vendidos.



Fonte: DAZZANI, M.; CORREIA, P. R. M. Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*, n. 17, maio 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>. Acesso em: 2 set. 2020.

Uma empresa de produtos de limpeza deseja comercializar etanol em concentração 46 °INPM. Para isso, utilizou 460 L de etanol absoluto e 540 L de água destilada na preparação da solução. Um analista do Inmetro reprovou o lote preparado, indicando que ou fosse alterado o processo de fabricação ou a concentração no rótulo do produto.

a) Por que o lote foi reprovado?

b) Proponha alterações no processo de fabricação do produto.

c) Para evitar prejuízos, os responsáveis pela empresa decidiram alterar a informação no rótulo do produto. Qual concentração deve constar nas embalagens?

d) Por meio de qual análise pode-se constatar a irregularidade?

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

Técnicas de separação de misturas e análise química

Se a Unidade **Vida saudável** já tiver sido estudada, comente que os precipitados de carbonato podem ser dissolvidos em meio ácido porque eles são bases conjugadas de ácidos fracos, diferentemente dos precipitados de sulfato.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT301; EM13CNT307

Na Medicina diagnóstica, a aplicação de contraste nos pacientes auxilia a visualização de estruturas de tecidos moles, que são transparentes ao raio-X, como vasos sanguíneos, estômago, alças intestinais e cavidades corporais (**Fig. 2.1**). Exames radiológicos com a finalidade de analisar o trato digestivo podem empregar um agente de contraste composto de sulfato de bário ($BaSO_4$), um sal insolúvel no suco gástrico. Essa característica torna segura sua utilização, pois na fase sólida os íons SO_4^{2-} e, principalmente, Ba^{2+} não são absorvidos pelo organismo.

ALAIN POL, ISM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Ressalte que dióxido de carbono e água são produtos da decomposição do ácido carbônico, H_2CO_3, um ácido instável. Explique que as substâncias indicadas na fase sólida são consideradas insolúveis no meio reacional, mas na verdade têm solubilidade muito próxima a zero.

Figura 2.1 Radiografia do intestino grosso após aplicação do composto sulfato de bário. (Imagem colorizada artificialmente.)

Em 2003, ao menos 21 pessoas morreram em todo o Brasil devido ao uso de um meio de contraste adulterado que, de acordo com o fabricante, era constituído de sulfato de bário. As mortes provocadas pela intoxicação por íons bário, Ba^{2+}, foram decorrentes de uma decisão do laboratório farmacêutico de sintetizar o sulfato de bário, $BaSO_4$, por meio da reação entre o carbonato de bário, $BaCO_3$, e o ácido sulfúrico, H_2SO_4, representada pela equação química:

$$BaCO_3(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

Análises posteriores revelaram que o lote do agente de contraste que causou as mortes estava contaminado com parte do carbonato de bário (aproximadamente 13% em massa), que não reagiu durante a síntese. Essa substância, diferentemente do sulfato de bário, reage com o ácido clorídrico (HCl) presente no suco gástrico, formando um sal solúvel, o cloreto de bário ($BaCl_2$), de acordo com a equação química apresentada a seguir.

$$BaCO_3(s) + 2\,HCl(aq) \longrightarrow BaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

Os íons bário são então absorvidos pelas células do trato digestivo, atingindo a corrente sanguínea e podendo causar efeitos tóxicos em diferentes órgãos do corpo.

Fique por dentro

Casos marcantes da trajetória da regulação sanitária

O relatório descreve alguns casos em que a atuação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) foi fundamental para resolução e mitigação dos danos causados. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/3487091/0/Trajetoria.pdf/>.

Sais e solubilidade

Nessa simulação, é possível visualizar a dissolução de cloreto de sódio e de outros sais em água até que se atinja a saturação da solução. A partir daí, o contador das espécies químicas permanece variando em torno de um valor constante, demonstrando o equilíbrio dinâmico entre as fases sólida e aquosa. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/soluble-salts>.

Métodos cromatográficos

Essa página na internet traz diversas simulações, uma delas sobre cromatografia em papel e outra sobre cromatografia em coluna. Disponível em: <http://www.lapeq.fe.usp.br/labdig/animacoes/>. Acessos em: 7 set. 2020.

Enfatize as diferenças entre os estados de agregação aquoso e líquido e explique que, na fase aquosa, os íons Ba^{2+} estão, além de dissociados, solvatados. A solvatação foi discutida na Unidade **Explorando o Universo e a vida**.

Explique aos estudantes que os ácidos clorídrico e sulfúrico são ácidos fortes e ionizam-se em água completamente.

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

:: Reações de precipitação e produto de solubilidade (K_s)

Os problemas abordados no início deste Tema podem ser compreendidos à luz de conceitos relativos às propriedades das substâncias, das reações químicas e das soluções, mais especificamente a solubilidade dos sais, as reações de precipitação e o produto de solubilidade.

Solubilidade de compostos iônicos

No contexto deste Tema, consideraremos sais as substâncias formadas por íons diferentes de H^+, OH^- e O^{2-}. Os íons que formam os sais determinam características como solubilidade em diferentes meios e reatividade frente a outras substâncias.

Em meio aquoso, os sais podem se solubilizar por meio do processo de dissociação iônica, ou seja, os íons agregados no sólido podem se separar devido à interação com as moléculas de água. A solubilização pode ocorrer em maior ou em menor grau, dependendo das forças de interação entre os cátions e os ânions que formam a estrutura cristalina. Mas existem outros fatores a serem considerados, alguns difíceis de serem mensurados, o que complica as previsões teóricas sobre a solubilidade de sais. Para facilitar o trabalho em laboratório, os químicos costumam construir e consultar tabelas de solubilidade com base em dados empíricos (**Tab. 2.1**).

As curvas de solubilidade são estudadas na Unidade **Água**.

Tabela 2.1 Regras gerais de solubilidade em água de alguns sais mais comuns a 25 °C

Ânion de sais solúveis	Exceções
NO_3^- (nitrato) ClO_3^- (clorato) ClO_4^- (perclorato) $C_2H_3O_2^-$ (acetato)	—
Cl^- (cloreto) Br^- (brometo) I^- (iodeto)	Ag^+, Pb^{2+} ou Hg_2^{2+}
F^- (fluoreto)	Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} ou Pb^{2+}
SO_4^{2-} (sulfato)	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Ag^+, Pb^{2+} ou Hg_2^{2+}
Ânion de sais insolúveis	**Exceções**
CO_3^{2-} (carbonato) PO_4^{3-} (fosfato) CrO_4^{2-} (cromato) $C_2O_4^{2-}$ (oxalato)	NH_4^+ ou cátions de metais alcalinos
S^{2-} (sulfeto)	NH_4^+, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} ou cátions de metais alcalinos

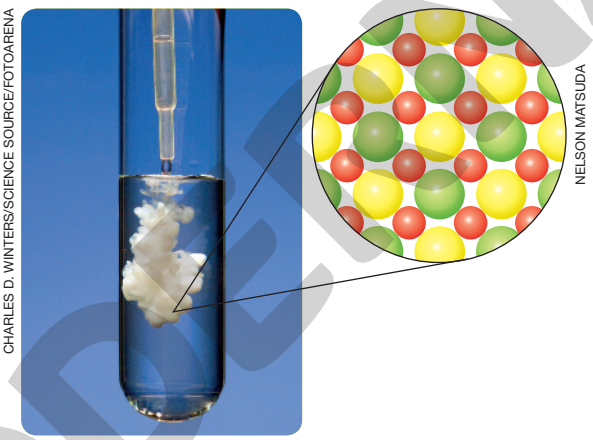
Fonte consultada: SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? *Química Nova*, São Paulo, v. 27, n. 6, 2004.

Em geral, há uma quantidade máxima de soluto que se dissolve em determinada quantidade de solvente a dada temperatura. Essa quantidade máxima é chamada de **solubilidade** ou coeficiente de solubilidade (*s*).

Obtenção de substâncias insolúveis por precipitação e filtração

Quando substâncias químicas em solução reagem e formam uma substância sólida, isto é, insolúvel no meio em que se encontra, ocorre uma **reação de precipitação**. Por esse tipo de reação, é possível obter compostos com elevado grau de pureza. No entanto, se executado de forma incorreta – pela proporção inadequada dos reagentes, agitação insuficiente ou temperatura inapropriada –, o processo de síntese pode apresentar resultado semelhante ao do agente de contraste sulfato de bário sintetizado a partir de carbonato de bário e ácido sulfúrico, que discutimos anteriormente.

O sulfato de bário também pode ser obtido por meio de reações de precipitação a partir de sais solúveis que apresentem os íons Ba^{2+} e SO_4^{2-} (**Fig. 2.2**).



CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

NELSON MATSUDA

Figura 2.2 Formação de sulfato de bário, $BaSO_4$, um sal de cor branca pouco solúvel em água, a partir da mistura de duas soluções. No detalhe, vista de uma das faces do retículo cristalino do $BaSO_4$. Os elementos químicos enxofre, oxigênio e bário estão representados pelas esferas amarela, vermelha e verde, respectivamente. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Para promover uma reação que produza sulfato de bário, pode-se misturar uma solução aquosa de sulfato de potássio (K_2SO_4), na qual o sal encontra-se dissociado em cátions potássio (K^+) e ânions sulfato (SO_4^{2-}), com uma solução aquosa de cloreto de bário ($BaCl_2$), na qual o sal se encontra dissociado em cátions bário (Ba^{2+}) e ânions cloreto (Cl^-).

$$K_2SO_4(s) \xrightarrow{H_2O} 2\,K^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$$BaCl_2(s) \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq)$$

A interação entre as moléculas de água e os íons SO_4^{2-} e Ba^{2+} é menos favorável que a interação desses íons entre si. Assim, ao misturar soluções aquosas contendo essas espécies químicas, ocorre a reação de precipitação, formando o sólido $BaSO_4$.

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_4(s)$$

Os íons K^+ e Cl^- permanecem dissolvidos em água, da mesma forma que no início do processo e, por isso, podem ser omitidos da equação química. Como o produto formado é insolúvel, ele pode ser purificado por filtração (**Fig. 2.3**).

Se os estudantes ainda não tiverem estudado a classificação periódica dos elementos químicos, ajude-os com a indicação dos nomes e símbolos dos metais alcalinos.

Como atividade extra, peça aos estudantes que proponham outros pares de soluções com base nos dados da **Tabela 2.1**.

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

Informe que, a 18 °C, aproximadamente 1,6 mg do carbonato de cálcio pode ser dissolvido em 100 g de água pura. Caso a massa adicionada seja maior ou a temperatura seja reduzida, parte do sal permanece na fase sólida.

ANDREW LAMBERT PHOTOGRAPHY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 2.3 Aparelhagem usada na filtração a pressão reduzida. Nesse processo se utiliza um funil diferente da filtração simples, o funil de Buchner, o qual é posicionado sobre um kitassato. Uma mangueira acoplada à saída lateral dessa vidraria é conectada a uma trompa de água (ou a uma bomba de vácuo) para criar a sucção do líquido, acelerando o processo de filtração.

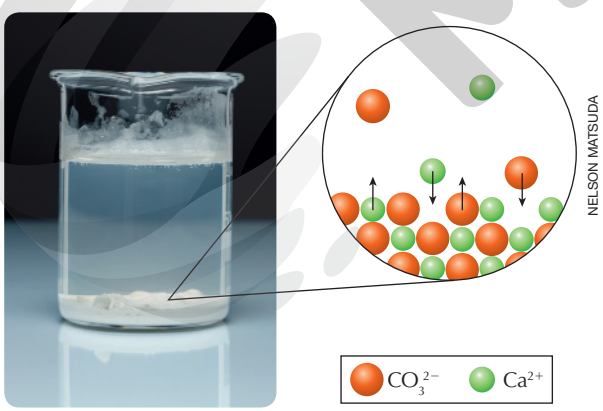
Algumas reações de precipitação são utilizadas em análises volumétricas como as apresentadas no **Tema 1**. As mais comumente empregadas envolvem os íons Ag^+ e são conhecidas como métodos argentimétricos.

Produto de solubilidade

A solubilização de um soluto em um solvente, formando uma solução, e a precipitação desse soluto são processos inversos, que podem ser representados simplificadamente pelo esquema a seguir.

$$\text{Soluto} + \text{Solvente} \underset{\text{precipitação}}{\overset{\text{solubilização}}{\rightleftharpoons}} \text{Solução}$$

O sulfato de bário, assim como outras substâncias, é classificado como um composto insolúvel em água, pois ele não se dissolve mais do que 0,01 mol por litro de solução (0,01 mol L^{-1}). Ou seja, mesmo sendo considerado um composto insolúvel, em solução aquosa uma parte do sal encontra-se dissociado nos íons Ba^{2+} e SO_4^{2-}. O sistema formado por um sal insolúvel em meio aquoso não é estático. Constantemente ocorre a transferência de íons em solução para o sólido, assim como íons agregados formando o sólido são transferidos para a solução, estabelecendo-se um **equilíbrio dinâmico** (**Fig. 2.4**).



TURTLE ROCK SCIENTIFIC/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

NELSON MATSUDA

Figura 2.4 Solução aquosa de carbonato de cálcio com corpo de fundo (precipitado). Na ampliação, representação submicroscópica da interface sólido-solução em que, por simplificação, as moléculas de água não foram ilustradas. As setas indicam que os íons da superfície do sólido são constantemente transferidos para a solução e desta para a superfície do retículo cristalino do sal, estabelecendo-se o equilíbrio dinâmico. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os sistemas em equilíbrio dinâmico constituídos de mais de uma fase são classificados como **equilíbrios químicos heterogêneos**. Em casos que envolvem a solubilização de sais, como na mistura sulfato de bário e água, atribui-se o nome de **equilíbrio de solubilidade** ou equilíbrio de dissolução, que pode ser representado por meio da seguinte equação química:

$$BaSO_4(s) \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

Esse processo também pode ser descrito de forma quantitativa, por meio de uma constante que caracteriza o equilíbrio de dissolução a dada temperatura e que é denominada **produto de solubilidade** (K_s). Ela pode ser determinada por meio do produto das concentrações, em mol L^{-1}, dos íons em fase aquosa, cada concentração elevada ao respectivo coeficiente estequiométrico dos íons, segundo a equação balanceada que descreve o equilíbrio. Veja:

$$A_xB_y(s) \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} x\,A^{y+}(aq) + y\,B^{x-}(aq)$$

$$K_s = [A^{y+}]^x\,[B^{x-}]^y$$

Os valores dessas constantes de equilíbrio podem ser consultados em materiais de referência. Por exemplo, o valor do produto de solubilidade do sulfato de bário a 25 °C é $K_s = 1{,}1 \cdot 10^{-10}$. Com esse valor, é possível determinar a concentração máxima desses íons em solução, considerando que antes da dissolução do sal nenhum deles estava presente na fase aquosa. Dessa forma, a concentração em quantidade de matéria dos íons bário é igual à dos íons sulfato em um sistema no equilíbrio, $[Ba^{2+}] = [SO_4^{2-}] = s$. As constantes de equilíbrio são, por convenção, adimensionais, mas são calculadas a partir dos valores de concentração em quantidade de matéria. Assim, nessa situação, "s" equivale à solubilidade em quantidade de matéria (mol L^{-1}) de cada íon na temperatura de referência da constante de equilíbrio. Acompanhe:

$$K_s = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] \Rightarrow 1{,}1 \cdot 10^{-10} = s \cdot s = s^2 \Rightarrow$$

$$s = \sqrt{1{,}1 \cdot 10^{-10}} \;\therefore s \approx 1{,}05 \cdot 10^{-5}\ \text{mol}\ L^{-1}$$

A relação estabelecida entre o produto de solubilidade e o coeficiente de solubilidade é útil, pois devido às pequenas concentrações das substâncias em solução, é mais prático e preciso medir em laboratório K_s do que s.

O conceito de precisão no contexto das medidas experimentais é trabalhado na seção **Reflexões sobre a ciência** ao final desta Unidade. A classificação das soluções em função da quantidade de soluto dissolvido é estudada na Unidade **Água**.

Cálculos envolvendo o produto de solubilidade

Tomemos como exemplo o hidróxido de magnésio, $Mg(OH)_2$, substância comumente usada como antiácido no combate à azia. O equilíbrio de dissolução do hidróxido de magnésio em água é representado a seguir.

$$Mg(OH)_2(s) \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} Mg^{2+}(aq) + 2\,OH^-(aq)$$

O hidróxido de magnésio é pouco solúvel em água a 25 °C, como mostra seu produto de solubilidade:

$$K_s = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 5{,}6 \cdot 10^{-12}, \text{ a } 25\ °C$$

Fonte consultada: LIDE, D. R. (editor da versão para internet) *Handbook of Chemistry and Physics*. 96. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

Comente que, em Química, os colchetes são usados para indicar a concentração em quantidade de matéria (*c*) de uma solução. Optamos nesta obra por utilizar as simbologias recomendadas pela IUPAC, embora comumente seja empregado K_{ps} para representar o produto de solubilidade. Caso os estudantes já tenham visto os equilíbrios homogêneos na Unidade **Produção e conservação de alimentos**, retome a expressão geral das constantes de equilíbrio em termos das concentrações em mol L^{-1} e enfatize que, no cálculo do K_s, o solvente e a fase sólida não são considerados.

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

MODERNA

Enfatize que, para comparar as solubilidades entre sais com base no valor do K_s, é necessário que as substâncias apresentem a mesma proporção entre cátions e ânions. Ao comparar ordens de grandeza, ressalte que os expoentes, nas potências de base 10, são negativos e que, quanto menor o valor de K_s, menor a solubilidade do sal.

Para estimar a solubilidade (s) do hidróxido de magnésio, devemos considerar a equação química do equilíbrio de dissolução e a expressão matemática do produto de solubilidade. Considerando a proporção estequiométrica da reação, podemos notar que a concentração em mol L^{-1} de íons hidróxido é duas vezes maior ($2s$) que a dos íons magnésio (s), e assim teremos:

$$K_s = [Mg^{2+}][OH^-]^2 \Rightarrow K_s = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 \therefore s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$$

Substituindo o valor de K_s na expressão, calculamos o valor de s, que corresponde à solubilidade do $Mg(OH)_2$, na temperatura indicada:

$$s = \sqrt[3]{\frac{5{,}6 \cdot 10^{-12}}{4}} \approx 1{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ mol } L^{-1}$$

Por fim, podemos calcular a concentração de cada íon em solução no equilíbrio, a partir do valor de s encontrado:

$$[Mg^{2+}] = s = 1{,}1 \cdot 10^{-4} \text{ mol } L^{-1}$$

$$[OH^-] = 2s = 2{,}2 \cdot 10^{-4} \text{ mol } L^{-1}$$

Quociente de solubilidade

O valor de K_s indica o produto das concentrações em quantidade de matéria dos íons em uma solução saturada em equilíbrio químico heterogêneo. Uma solução é considerada saturada quando apresenta a máxima quantidade de soluto dissolvida a determinada temperatura. Podemos determinar se uma solução está saturada ou não comparando o valor do produto de solubilidade com o valor do **quociente de solubilidade** (Q_s). Para calcular esse quociente, utilizamos a expressão do produto de solubilidade apresentada anteriormente empregando, no entanto, valores de concentração em quantidade de matéria na situação em que o equilíbrio ainda não foi estabelecido. Assim, há três situações possíveis:

1. $Q_s < K_s$: solução **insaturada**. Nessa situação, ainda é possível aumentar a concentração de íons em solução até que o valor de K_s seja atingido;
2. $Q_s = K_s$: solução **saturada**. Nessa situação, não é possível aumentar a concentração de íons na solução. Caso seja adicionado mais desse sal, haverá corpo de fundo no recipiente.
3. $Q_s > K_s$: solução **supersaturada**. Nessa situação, há mais íons dissolvidos do que o esperado, de acordo com o K_s. Essa é uma condição instável, em que pequenas perturbações podem promover a agregação dos íons em excesso dissolvidos nessa solução, formando corpo de fundo.

Essas relações são úteis quando se deseja avaliar a solubilidade de determinada substância em uma solução que já contém um de seus íons. Por exemplo, a solubilidade em água do sulfato de bário ($BaSO_4$) é menor em uma solução de cloreto de bário ($BaCl_2$) do que no solvente puro.

A comparação entre Q_s e K_s também nos permite compreender o caso descrito na abertura do Tema. A solubilidade do $BaCO_3$ em água a 25 °C é $5{,}1 \cdot 10^{-5}$ mol L^{-1}, ou seja, apenas pouco superior à do $BaSO_4$. No entanto, o ânion carbonato tem maior tendência a reagir com os íons H^+ do suco gástrico que os ânions sulfato. Na presença de ácido clorídrico, a concentração de íons carbonato – provenientes do equilíbrio de solubilidade do $BaCO_3$ – diminui ($Q_s < K_s$). Para se restabelecer o equilíbrio ($Q_s = K_s$), mais carbonato deve ser formado. Logo, a reação direta é favorecida e, com isso, mais íons Ba^{2+} são dissolvidos, levando à intoxicação.

Interações intermoleculares e separação de misturas

Tradicionalmente, os químicos classificam as técnicas de análise como **clássicas** ou **instrumentais**. As técnicas clássicas são divididas em duas categorias: as gravimétricas e as volumétricas, enquanto as instrumentais são classificadas em: eletroquímicas, espectroscópicas e cromatográficas.

Antes de estudarmos alguns dos fundamentos das técnicas cromatográficas, muito empregadas em análise forense, vamos entender como a polaridade das moléculas influencia as propriedades físico-químicas dos materiais e os processos de separação de misturas.

Para definir se uma molécula é polar ou apolar, é necessário analisar a polaridade das ligações e a geometria da molécula. A polaridade das ligações covalentes é definida pela diferença de **eletronegatividade** entre os átomos. A eletronegatividade, por sua vez, pode ser definida como a medida da tendência dos átomos em atrair elétrons para si em uma ligação química. Assim, as ligações covalentes entre átomos do mesmo elemento químico – que apresentam a mesma eletronegatividade – são apolares. Já ligações covalentes entre átomos de elementos químicos distintos – consequentemente, com eletronegatividades diferentes – são polares. Nesse contexto, quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os átomos, maior será a polaridade da ligação química. Os átomos menos eletronegativos encontram-se no canto inferior esquerdo da tabela periódica.

Geometria molecular e polaridade das moléculas são estudadas na Unidade **Explorando o Universo e a vida**.

Ligações covalentes polares resultam em dipolos elétricos na molécula, em decorrência da distribuição assimétrica da densidade de carga elétrica. Em outras palavras, o átomo mais eletronegativo apresenta carga parcial negativa (δ^-) e o átomo menos eletronegativo, carga parcial positiva (δ^+). Esses dipolos são descritos por meio dos vetores momento de dipolo ($\vec{\mu}$). O momento dipolo elétrico resultante ($\vec{\mu}_r$), isto é, a soma de todos os vetores momento de dipolo em uma molécula, depende da **geometria molecular**, e indica se a molécula é polar ($\vec{\mu}_r \neq 0$) ou apolar ($\vec{\mu}_r = 0$).

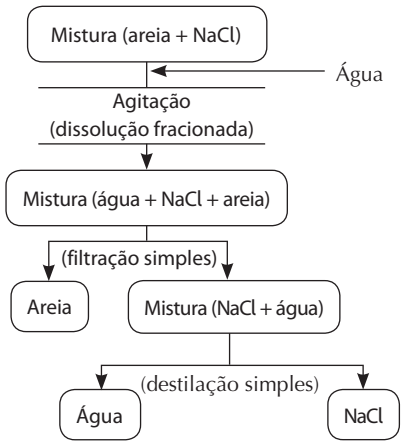
Os processos de separação de misturas têm como base a aplicação do conhecimento sobre as propriedades físico-químicas das substâncias (densidade, solubilidade, temperaturas de fusão e de ebulição etc.) e sobre as interações intermoleculares, que dependem, entre outros fatores, da polaridade das moléculas.

Faça um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre quais técnicas de separação de misturas eles conhecem. Questione-os sobre a finalidade dos processos, salientando que o objetivo é obter substâncias com o maior grau de pureza possível. Enfatize que o sucesso das análises químicas forenses também depende da identificação de substâncias presentes em misturas e que as quantificações dessas substâncias dependem muitas vezes de processos de separação de misturas.

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

MODERNA

Por exemplo, para separar os componentes de uma mistura formada por NaCl e areia, podemos seguir uma sequência de procedimentos como a descrita no fluxograma da **Figura 2.5**.



Comente que a filtração simples é especialmente recomendada quando a substância de interesse está dissolvida, e a filtração à vácuo, quando a substância de interesse é o sólido.

Figura 2.5 Fluxograma do procedimento usado para separação e recuperação dos componentes de uma mistura de NaCl e areia.

A **dissolução fracionada** se baseia nas diferenças de solubilidade em água das substâncias da mistura. Ao se adicionar uma quantidade suficiente de água, os íons Na^+ e Cl^- interagem com as moléculas de água (H_2O), uma substância polar, promovendo a solubilização do sal. Essa interação é denominada **íon-dipolo permanente**. As interações entre o dióxido de silício (SiO_2, principal constituinte da areia) e as moléculas de H_2O não são favoráveis o suficiente para promover a solubilização desse composto. Na etapa seguinte, a **filtração simples** promove a retenção dos grãos de areia. Por fim, a **destilação simples** promove a separação da água e a recuperação do cloreto de sódio sólido com base nas diferentes temperaturas de transição de fase. À pressão de 1 atm, a temperatura de ebulição (TE) da água é 100 °C e a temperatura de fusão (TF) do cloreto de sódio é 801 °C.

A destilação simples e a lei de Raoult são estudadas na Unidade **Água**.

Quanto menor a diferença entre as temperaturas de ebulição das substâncias, mais difícil se torna separá-las por destilação simples. Por isso, a fim de separar os componentes da mistura água e etanol, C_2H_5OH, (TE = 78 °C a 1 atm), pode-se empregar o método da **destilação fracionada** (**Fig. 2.6**).

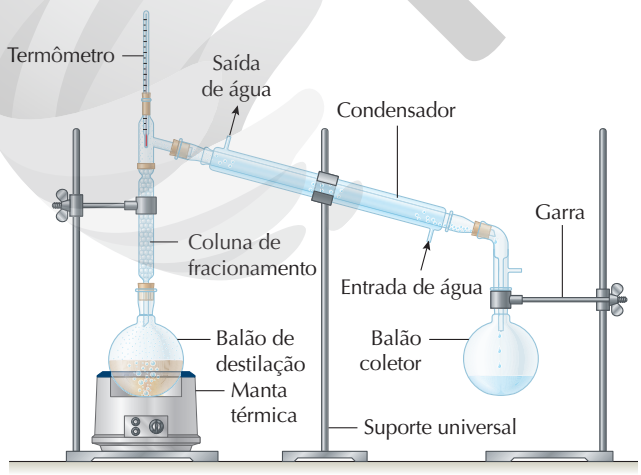


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 2.6 Representação esquemática de um sistema de destilação fracionada, usado em laboratórios. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nesse processo, o aquecimento leva à evaporação dos dois líquidos, em decorrência da relativa proximidade entre as TE desses componentes. No entanto, conforme essa mistura de vapores entra em contato com a coluna de fracionamento, ela se condensa transferindo calor para a coluna. Dessa forma, a base da coluna de fracionamento está mais aquecida que o topo. Quando o condensado recebe calor do vapor ascendente, parte reevapora. A consequência disso é que o vapor que alcança o condensador é enriquecido no componente de menor TE, que é mais volátil. Isso não acontece sem a coluna de fracionamento, pois os obstáculos ao longo dela funcionam como destiladores que condensam a substância de maior TE, enquanto o líquido de menor TE passa para posições cada vez mais altas em seu interior. Quanto maior o número de sucessivas vaporizações/condensações, mais eficiente é a separação. Um dos fatores que influenciam esse parâmetro é justamente a altura da coluna.

No decorrer da destilação, o etanol se acumula no balão coletor, enquanto no balão de destilação a solução fica progressivamente mais diluída.

As interações intermoleculares de maior intensidade rompidas na destilação da mistura água-etanol são de um tipo particularmente intenso de interação dipolo permanente-dipolo permanente, classificada como **ligação de hidrogênio**. Nesse caso, a interação se dá entre o átomo de hidrogênio ligado covalentemente a um átomo de oxigênio em uma das moléculas e o átomo de oxigênio presente na outra molécula (O — H --- O), sejam elas do etanol ou da água. A intensidade das interações intermoleculares influencia a temperatura de transição de fase das substâncias.

A separação dos componentes do petróleo também é feita por destilação fracionada. As moléculas dos hidrocarbonetos, formadas unicamente por átomos de carbono e de hidrogênio, são apolares, e o tipo de interação que se verifica entre elas é classificado como **dipolo instantâneo-dipolo induzido** ou forças dispersivas de London. Quanto maior for o número de átomos de carbono nas moléculas dos hidrocarbonetos, mais intensas tendem a ser essas interações. No entanto, para moléculas de tamanho similar, as forças dispersivas de London são menos intensas que as dipolo permanente-dipolo permanente. Essa característica é aproveitada no processo de extração que é a base do teste de determinação da porcentagem de etanol na gasolina (uma mistura de hidrocarbonetos) e verificação do atendimento à legislação. Para realizá-lo, adiciona-se solução aquosa salina ao combustível, formando-se duas fases em razão da diferença de polaridade das substâncias envolvidas. O etanol é anfifílico, o que implica que ele se dissolve tanto em solventes polares quanto apolares. No entanto, como o etanol interage mais favoravelmente com a água, separando-se da gasolina, seu teor pode ser estimado com base no acréscimo de volume da fase aquosa.

Se julgar conveniente, mostre aos estudantes fotos passo a passo do teste disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/cartilhas/Cartilha_Posto_Revendedor_de_Combustiveis_6a_ed.pdf>. Acesso em: 7 set. 2020. Os hidrocarbonetos são estudados na Unidade **Combustíveis e motores**.

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

MODERNA

Técnicas cromatográficas

O termo **cromatografia**, utilizado pela primeira vez em 1906 pelo botânico russo Mikhail Semenovich Tswett (1872-1919), tem origem no grego e significa escrita (ou registro) com cores. Entretanto, essa técnica de separação e análise não depende da cor, e sim das interações entre as substâncias químicas. Assim, por definição, as técnicas cromatográficas são métodos físico-químicos de separação dos componentes de uma mistura em que as substâncias são distribuídas entre duas fases, uma **fase estacionária** e uma **fase móvel**.

A velocidade com que as diferentes substâncias migram pela fase estacionária depende da intensidade das interações que se estabelecem entre o analito, que é o material sendo estudado, e as duas fases. Os componentes da amostra que apresentam maior afinidade pela fase estacionária se deslocam mais devagar. Já as substâncias que interagem pouco com a fase estacionária se movem mais rapidamente, acompanhando a fase móvel.

Cromatografia planar

As técnicas de cromatografia planar são mais empregadas na análise dos componentes de uma mistura do que em sua purificação. A **cromatografia em papel** (CP) é um método simples, barato e bastante utilizado para análise de substâncias polares. Na CP a fase móvel é líquida e a fase estacionária é formada pelas moléculas de água adsorvidas às moleculas de celulose no papel poroso utilizado, ou seja, a fase estacionária se caracteriza como polar (**Fig. 2.7**).

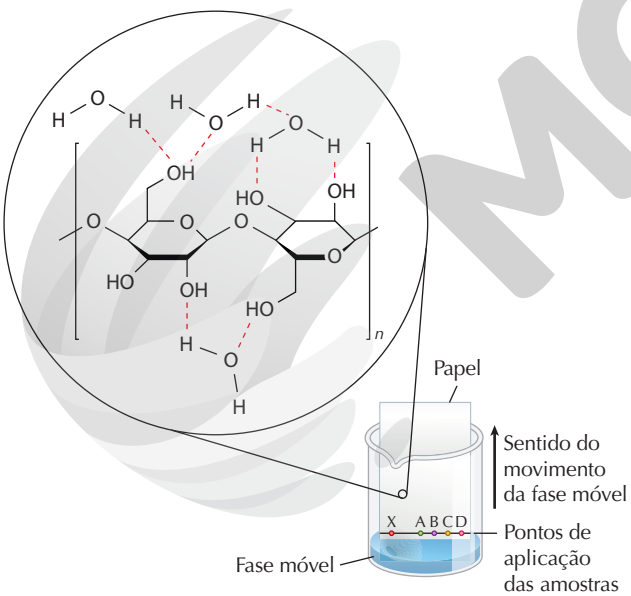
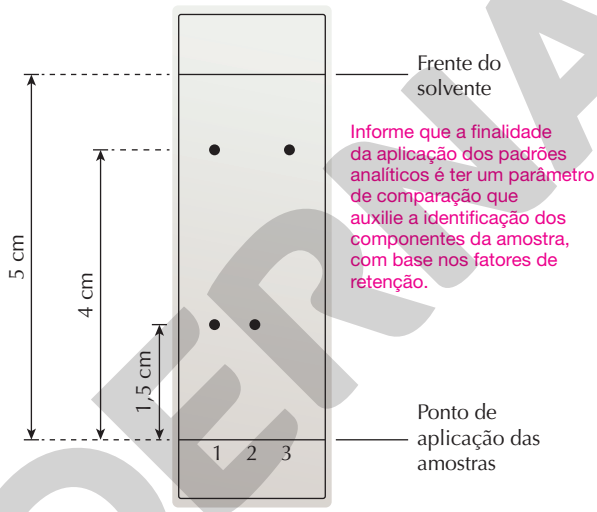


Figura 2.7 Representação das moléculas de água adsorvidas às moléculas de celulose na superfície do papel. Os traços em vermelho representam as ligações de hidrogênio entre as moléculas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Na **cromatografia em camada delgada** (CCD) a fase móvel também é líquida e a fase estacionária é uma película de um material sólido polar, como a alumina e a sílica, finamente dividido e depositado sobre um suporte de vidro, alumínio ou plástico. A CCD também é um método relativamente rápido e simples de análise, mais eficiente que a CP na separação dos componentes da mistura (analitos) e, consequentemente, em suas identificações. A CCD é bastante utilizada para o acompanhamento da evolução de sínteses orgânicas.

Tanto na CP quanto na CCD, o movimento da fase móvel é ascendente e, à medida que a fase móvel sobe pela fase estacionária, as substâncias são separadas em função das diferentes interações com as fases móvel e estacionária (**Fig. 2.8**).



Informe que a finalidade da aplicação dos padrões analíticos é ter um parâmetro de comparação que auxilie a identificação dos componentes da amostra, com base nos fatores de retenção.

Figura 2.8 Representação esquemática de cromatograma obtido por CCD, para análise de uma amostra de um medicamento (1) em comparação com amostras de seus princípios ativos puros (2 e 3). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Efetue os cálculos de R_f com os estudantes demonstrando se tratar de uma grandeza adimensional.

O parâmetro utilizado em cromatografia planar para identificar as substâncias é o **fator de retenção** (R_f), que é dado pela razão entre a distância percorrida por uma substância e a distância total percorrida pela fase móvel (frente do solvente), tendo como base o ponto de aplicação das amostras.

$$R_f = \frac{\text{distância percorrida pela substância}}{\text{distância percorrida pelo solvente}}$$

Mantendo-se as condições de análise (mesmas fases móvel e estacionária), o valor do fator de retenção deve ser o mesmo para dada substância.

Observando o cromatograma da **Figura 2.8**, podemos verificar que há dois sinais cromatográficos referentes à amostra 1. O primeiro apresenta $R_f = 0{,}3$ e o segundo, $R_f = 0{,}8$. Eles coincidem com os valores de R_f das amostras 2 e 3, respectivamente, e essa coincidência indica que a amostra 1 deve conter misturadas as substâncias das amostras 2 e 3. A análise do cromatograma também permite concluir que a substância que compõe a amostra 2 é mais polar que a substância que constitui a amostra 3, pois é retida com mais facilidade pela fase estacionária, polar.

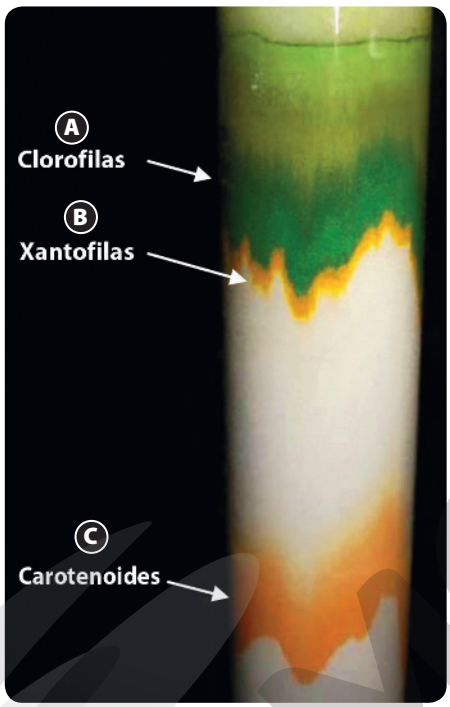
MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Cromatografia em coluna

As técnicas de cromatografia em coluna empregam quantidades de amostra maiores que as cromatografias planares e permitem que os componentes da mistura sejam coletados individualmente. Na **cromatografia líquida clássica** (CLC), são utilizadas fases líquidas polares ou apolares e, geralmente, fases estacionárias sólidas polares. No experimento realizado por Tswett, uma coluna de vidro foi preenchida com carbonato de cálcio ($CaCO_3$), sobre o qual foi adicionado um extrato de folhas vegetais. Em seguida, adicionando-se continuamente o solvente éter de petróleo – mistura de hidrocarbonetos com 5 a 6 átomos de carbono –, foi possível separar diferentes frações, que foram identificadas como carotenoides, xantofilas e clorofilas (**Fig. 2.9**).



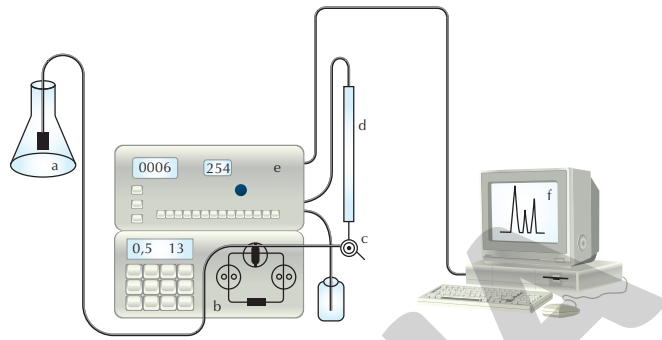
REVISTA VIRTUAL DE QUÍMICA/UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, RJ

Fonte: PACHECO, S. *et al*. História da cromatografia líquida. *Revista Virtual de Química*, Niterói, v. 7, n. 4, 2015.

Figura 2.9 Reprodução do experimento de Tswett, identificando as frações das clorofilas **(A)**, xantofilas **(B)** e dos carotenoides **(C)**.

Com o advento de novas tecnologias e com o desenvolvimento de novos materiais para compor fases estacionárias, foi possível aprimorar as técnicas de cromatografia em coluna. Uma dessas técnicas instrumentais é a **cromatografia líquida de alta eficiência** (CLAE), conhecida também pela sigla em inglês HPLC (***h**igh-**p**erformance **l**iquid **c**hromatography*).

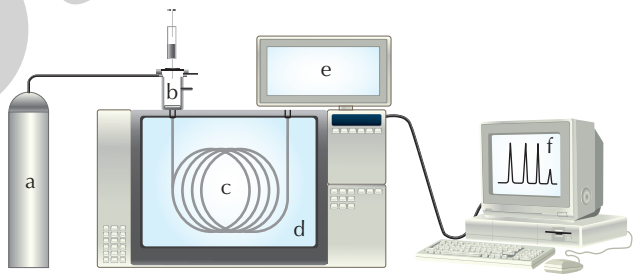
Atualmente, a CLAE é a técnica mais empregada pela indústria, para a análise de fármacos, e na Química Forense, para a detecção de drogas ilícitas. Nessa técnica, a fase estacionária é acondicionada em colunas de aço inoxidável, pelas quais a fase móvel é percolada (filtrada) com o uso de bombas de alta pressão. As amostras são introduzidas por meio de uma válvula de injeção, e as frações são detectadas por um dispositivo, escolhido em função das características da amostra, que envia as informações a um computador, onde os dados são processados e seja possível traçar os cromatogramas (**Fig. 2.10**).



Fonte: DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. Cromatografia: um breve ensaio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 7, p. 24, 1998.

Figura 2.10 Representação esquemática de um equipamento de CLAE. Na imagem vemos: **(a)** reservatório da fase móvel, **(b)** bomba de alta pressão, **(c)** válvula de injeção, **(d)** coluna, **(e)** detector e **(f)** registrador. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Quando as substâncias a serem analisadas apresentam temperatura de ebulição abaixo dos 300 °C e são termicamente estáveis, é possível realizar a separação e análise por meio da **cromatografia em fase gasosa** (CG). Nessa técnica, a fase móvel é um gás inerte (gás nitrogênio, N_2, ou gás hélio, He) responsável por arrastar os vapores das amostras através da coluna, que são aquecidas, dentro de um forno, de modo que toda a separação ocorra em fase gasosa. (**Fig. 2.11**).



Fonte: VASCONCELLOS, P. C. *et al*. Chromatographic Techniques for Organic Analytes. *In*: FORBES, P. B. C. (ed.). *Comprehensive Analytical Chemistry*. Amsterdam: Elsevier, 2015. p. 267-309.

Figura 2.11 Representação esquemática de um equipamento básico de CG. Na imagem vemos: **(a)** reservatório do gás de arraste, **(b)** injetor, **(c)** coluna, **(d)** forno da coluna, **(e)** detector e **(f)** registrador. Em geral, as análises por CG são mais eficientes que as por CLAE, especialmente por conta do tamanho e diâmetro da coluna. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Um dos parâmetros para a interpretação de um cromatograma de CLAE ou CG é o **tempo de retenção** (t_R), período necessário para que cada fração atravesse a coluna até atingir o detector. Mantidas as condições de análise, tipo e temperatura da coluna, composição e fluxo da fase móvel, o valor do tempo de retenção é o mesmo para dada substância.

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

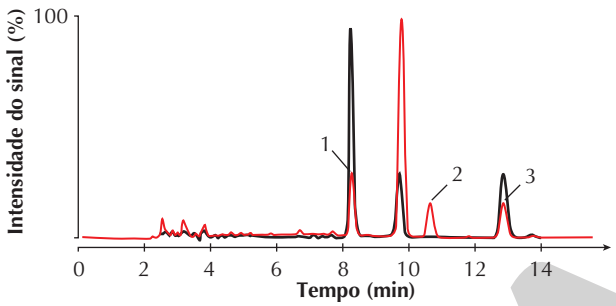
ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Comente que a anfetamina é um metabólito do femproporex. Assim, sua ingestão resulta na identificação das duas substâncias. O sinal com $t_R \approx 9{,}8$ min refere-se a uma substância naturalmente presente na urina, que não foi identificada na análise.

A **Figura 2.12** apresenta o cromatograma de uma análise feita para identificar substâncias com propriedades estimulantes na urina de motoristas de caminhão. A linha preta corresponde ao perfil da amostra de urina de um voluntário. Já a linha vermelha corresponde ao perfil dos padrões analíticos – preparação contendo algumas substâncias que podem estar nas amostras analisadas. Nesse caso, o padrão analítico era formado por anfetamina, anfepramona e femproporex, indicados, respectivamente, pelos números 1, 2 e 3. Comparando os tempos de retenção das substâncias, podemos constatar que, na amostra de urina analisada, há anfetamina ($t_R \approx 8{,}2$ min) e femproporex ($t_R \approx 13$ min).

Esse exemplo ilustra como um método cromatográfico pode ser útil na análise forense e no controle do *doping* em atletas profissionais.

Figura 2.12 Cromatogramas de substâncias estimulantes identificadas na urina de motoristas de caminhão



Fonte: TAKITANE, J. *et al.* Determination of amphetamine, amfepramone and fenproporex in urine samples by HPLC-DAD: application to a population of brazilian truck drivers. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Campinas, v. 27, n. 3, 2016.

O *doping* é trabalhado na Unidade **Esportes**.

Atividades

Registre em **seu** caderno

1. As reações de precipitação podem ser utilizadas como uma estratégia de purificação de amostras de água. Se o objetivo for remover íons de uma solução de nitrato de prata ($AgNO_3$) indique, entre os ácidos inorgânicos HF, HCl, HBr, HI e H_2SO_4, quais poderiam ser empregados. Apresente uma justificativa para sua resposta, com base nos dados da Tabela 2.1.

2. Compare os sais apresentados na tabela a seguir e indique qual deles apresenta a menor solubilidade (em mol L^{-1}) em água a 25 °C.

Sal	K_s a 25 °C
PbF_2	$3{,}7 \cdot 10^{-8}$
$PbBr_2$	$7{,}9 \cdot 10^{-5}$
$Pb(IO_3)_2$	$2{,}6 \cdot 10^{-13}$

Fonte: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

3. Explique de que maneira podemos determinar a constante do produto de solubilidade de um composto utilizando o valor da solubilidade de um soluto.

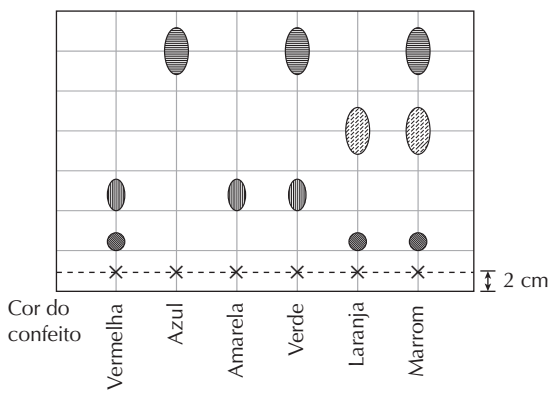
4. O sulfato de cálcio, $CaSO_4$, principal componente do giz escolar, é um composto pouco solúvel em água. O equilíbrio de dissolução desse sal pode ser representado por:

$$CaSO_4(s) \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} Ca^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

Adicionando-se uma barra de giz em um copo com água pura, a 25 °C, qual será a concentração em quantidade de matéria dos íons Ca^{2+} em solução depois que o equilíbrio é estabelecido?

Dado: $K_s(CaSO_4) = 2{,}4 \cdot 10^{-5}$, a 25 °C.

5. (Fuvest-SP) Os confeitos de chocolate de determinada marca são apresentados em seis cores. Com eles, foi feito o seguinte experimento, destinado a separar os corantes utilizados em sua fabricação: confeitos de cada uma das seis diferentes cores foram umedecidos com água e pressionados contra uma folha de papel especial, de modo a deixar amostras dos corantes em pontos igualmente espaçados, sempre a 2 cm da base da folha. A seguir, a folha foi colocada em um recipiente com água, de forma a mergulhar somente a base da folha de papel na água, sem que o líquido tocasse os pontos coloridos. Após algum tempo, quando a água havia atingido o topo da folha, observou-se a formação de manchas de diferentes cores, aqui simbolizadas por diferentes formas e tamanhos:



× indica o ponto de aplicação de cada amostra.

Os confeitos em cuja fabricação é empregado um corante amarelo são os de cor

a) vermelha, amarela e marrom.
b) amarela, verde e laranja.
c) verde, azul e marrom.
d) vermelha, amarela e verde.
e) vermelha, laranja e marrom.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

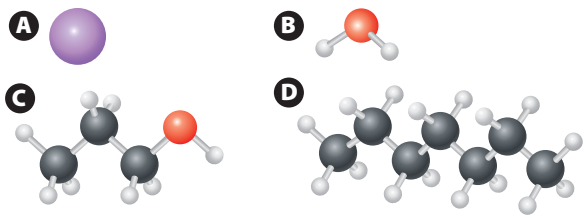
6. O cloreto de prata (AgCl) é uma substância pouco solúvel em água. Seu coeficiente de solubilidade, a 50 °C, é de 520 µg do sal dissolvidos em 100 g de água. Determine o K_s do cloreto de prata, a essa temperatura.

Dados: M(AgCl) = 143 g mol^{-1}; 1 g = 10^6 µg; $d_{água}$ = 1 g mL^{-1}.

7. Analise os modelos de representação estrutural de algumas espécies químicas e responda aos itens a seguir. Nas representações, as esferas de cor vermelha, branca, cinza-escuro e roxa, correspondem, respectivamente, a átomos de oxigênio, de hidrogênio, de carbono e ao íon sódio (Na^+).

a) O que se pode afirmar sobre a polaridade das moléculas B, C e D?

b) Qual interação se estabelece com maior intensidade entre os pares: A—B, B—C, C—D e D—D?



(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

8. (Enem) A farinha de linhaça dourada é um produto natural que oferece grandes benefícios para o nosso organismo. A maior parte dos nutrientes da linhaça encontra-se no óleo desta semente, rico em substâncias lipossolúveis com massas moleculares elevadas. A farinha também apresenta altos teores de fibras proteicas insolúveis em água, celulose, vitaminas lipossolúveis e sais minerais hidrossolúveis.

Considere o esquema, que resume um processo de separação dos componentes principais da farinha de linhaça dourada.

O óleo de linhaça será obtido na fração

a) destilado 1.

b) destilado 2.

c) resíduo 2.

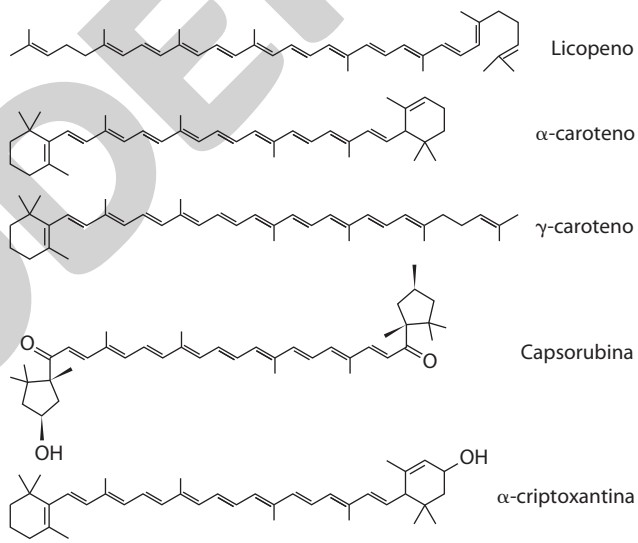
d) resíduo 3.

e) resíduo 4.

9. (Enem) A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente.

Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas.

RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de pigmentos de pimentões por cromatografia em papel. *Química Nova na Escola*, n. 29, ago. 2008 (adaptado).



A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

a) licopeno.

b) α-caroteno.

c) γ-caroteno.

d) capsorubina.

e) α-criptoxantina.

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

TEMA 3

Hereditariedade e Biologia Forense

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT205; EM13CNT304; EM13MAT311; EM13MAT312

Com os sucessivos avanços científicos e tecnológicos, compreendemos a estrutura dos ácidos nucleicos e o código genético, mapeamos genomas, chegamos à manipulação dos genes e muito mais. Aqui, vamos analisar como ocorre a transmissão do material genético ao longo das gerações, um dos enfoques de uma ampla área da Biologia que é a **Genética**. Para isso, partiremos dos trabalhos de Mendel, analisando paralelamente alguns dos aspectos mais atuais da hereditariedade, bem como a aplicação desses conhecimentos e os da Biotecnologia na Biologia Forense. Esta especialidade busca trazer elementos para a solução de problemas criminais. Dentro da Biologia Forense, vamos entender como se faz a identificação de pessoas com base em amostras de sangue e no DNA.

Um pouco de história

O monge cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884) trouxe grande contribuição para a Genética atual com seus experimentos utilizando plantas de ervilha da espécie *Pisum sativum* cultivadas em seu jardim, no mosteiro de Brunn, no antigo império Austro-Húngaro (atualmente Brno, na República Tcheca). No período compreendido entre 1856 e 1863, ele cultivou e analisou cerca de 28 mil pés de ervilha acompanhando o que ocorria com a herança de algumas características da planta, que ele havia notado ter variedades bem definidas, sem formas intermediárias. Mendel considerou sete dessas características, cada uma delas com duas variedades distintas, como mostra resumidamente a **figura 3.1**.

Mendel realizou cruzamentos controlados entre essas plantas e utilizou, para organizar e interpretar os dados obtidos, a **teoria da probabilidade**, aspectos que foram importantes para as conclusões a que chegou. Ele apresentou seus resultados em conferências na Sociedade de História Natural de Brunn, em 1865, publicando-os em 1866.

O trabalho de Mendel passou despercebido pela comunidade científica da época, tendo sido reconhecido apenas em 1900, por três pesquisadores, o holandês Hugo de Vries (1848-1935), o alemão Carl Correns (1864-1933) e o austríaco Erich von Tschermak (1871-1962).

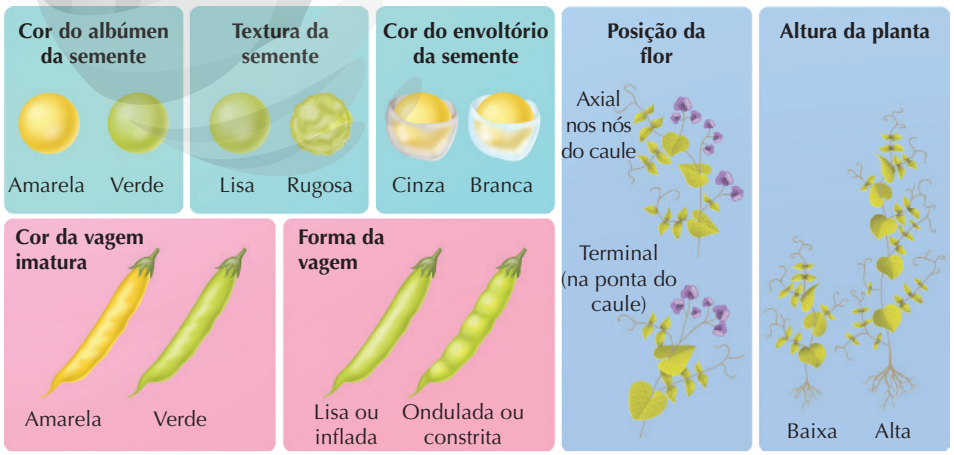
Entre a publicação do trabalho de Mendel e seu redescobrimento, muitos avanços aconteceram no campo da Citologia. Os cromossomos e outras estruturas celulares foram estudados ao microscópio, e os processos de divisão celular, por mitose e por meiose, foram descritos.

Assim, Mendel, sem saber da existência de genes, da localização deles em cromossomos, e da meiose, chegou a conclusões que são aceitas até hoje como leis fundamentais da Genética: as **leis de Mendel**.

O método de Mendel

Mendel iniciava os cruzamentos com plantas que pertenciam a linhagens que ele chamava de puras, ou seja, linhagens que não apresentam modificação em determinada característica e que, quando cruzadas entre si, originam apenas descendentes com a mesma variedade. A obtenção de linhagens puras em ervilhas é facilitada, pois a autofecundação é o processo natural de reprodução nessa espécie.

Vamos considerar, como exemplo, apenas uma das sete características que Mendel analisou: a textura da semente. Com relação a essa característica, existem duas variedades: lisa e rugosa.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 3.1 Representação esquemática das características e suas variedades da planta de ervilha (*Pisum sativum*) analisadas por Mendel em seus experimentos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

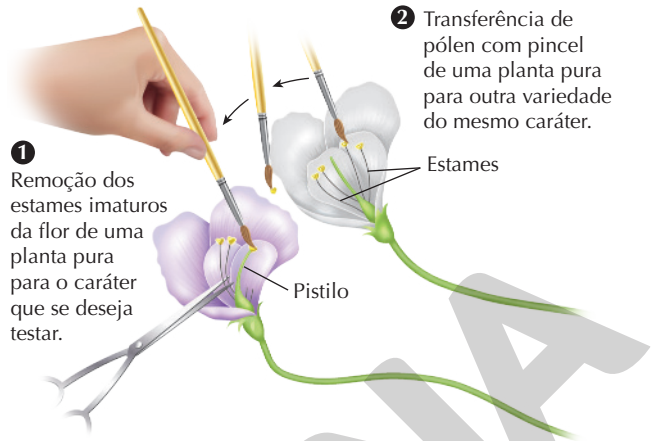
MODERNA

Mendel cruzou plantas puras de ervilha que produziam sementes lisas com plantas puras que produziam sementes rugosas. Essas plantas, que deram início à experimentação, constituíam a geração de pais, ou **geração parental**, representada pela letra **P**. Para realizar esses cruzamentos, Mendel evitava artificialmente a autofecundação: cortava os estames das flores de uma planta antes que eles amadurecessem e com um pincel polinizava essas flores com o pólen produzido pelas flores intactas de outra planta (**Fig. 3.2**). Dessa maneira, Mendel conseguia manter controle sobre a reprodução dos indivíduos da geração parental.

Ao analisar as sementes formadas desse cruzamento, notou que todas eram da variedade lisa. Essas sementes compõem a primeira geração de descendentes, ou **geração F_1**.

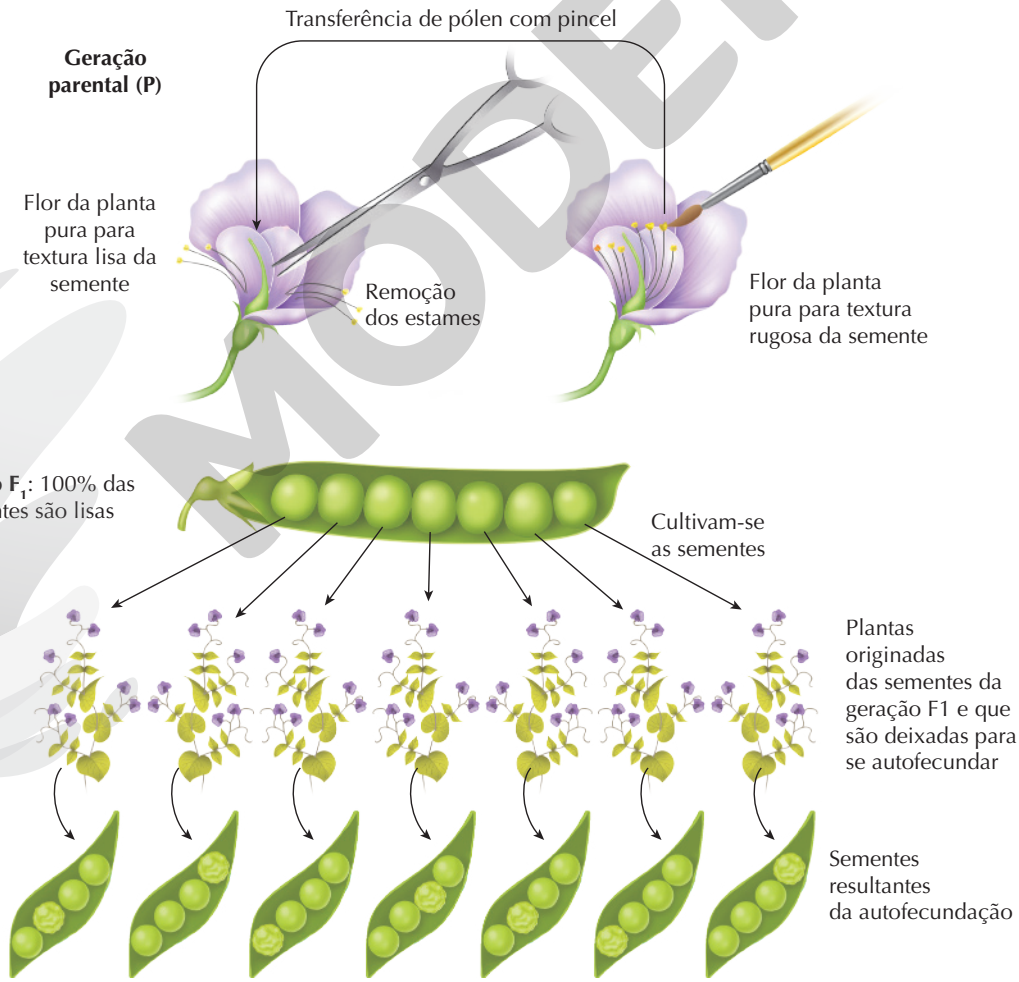
Em seguida, Mendel plantou essas sementes e deixou que, nas plantas que nasceram, ocorresse naturalmente a autofecundação. As sementes formadas da autofecundação representavam a **geração F_2**. Ele constatou que, nessa geração, aproximadamente 75% das sementes produzidas eram lisas e 25%, rugosas, o que dá uma proporção aproximada de três sementes lisas para uma rugosa (3 : 1) (**Fig. 3.3**).

Mendel chamou de variedade **dominante** aquela que se manifestava na geração F_1 e de **recessiva** aquela que permanecia encoberta em F_1, só reaparecendo na geração F_2 e com menor frequência.



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 3.2 Representação esquemática do procedimento experimental de Mendel, com polinização artificial das flores de plantas de ervilha com características selecionadas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 3.3 Representação esquemática de um dos experimentos de Mendel. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Para todos os caracteres que estudou, Mendel obtinha sempre as mesmas proporções tanto em F_1 quanto em F_2 (**Tab. 3.1**). Ele concluiu, então, que seus resultados não eram casuais, pois havia um padrão evidente.

Tabela 3.1 Características estudadas por Mendel e suas variedades dominantes e recessivas

Característica	Dominante	Recessiva
Textura da semente	lisa	rugosa
Cor da semente	amarela	verde
Cor do envoltório da semente	cinza	branca
Cor da vagem	verde	amarela
Forma da vagem	lisa	ondulada
Posição da flor	axial	terminal
Altura da planta	alta	baixa

Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Para explicar esses resultados, Mendel propôs o que ficou conhecido como sua primeira lei, também chamada de princípio da segregação dos fatores, princípio da pureza dos gametas, monoibridismo (porque considera a herança de apenas um caráter), lei da disjunção (separação) ou lei fundamental da Genética. Vejamos seu enunciado.

Primeira lei de Mendel

Cada característica é determinada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, indo apenas um dos fatores do par para cada gameta. Os gametas, portanto, são puros.

Para entender a primeira lei de Mendel, vamos representar os fatores por meio de letras, **R** para o fator dominante e **r** para o recessivo, e usar uma tabela desenvolvida em 1905 pelo geneticista inglês Reginald Crundall Punnett (1875-1967), chamada **quadro de Punnett**. Nela colocam-se, na primeira coluna, os fatores possíveis dos gametas de um indivíduo e, na primeira linha, os fatores possíveis dos gametas do outro indivíduo que participa do cruzamento. Os resultados da união entre esses gametas são indicados à medida que os quadrados da tabela são preenchidos.

As plantas puras são **RR** (sementes lisas) ou **rr** (sementes rugosas). Na formação dos gametas, esses fatores se separam: a planta **RR** produz 100% dos gametas com um fator **R**, e a planta **rr** produz 100% dos gametas com um fator **r**.

A união entre esses gametas dá origem à geração F_1 (**Rr**), que é 100% **híbrida**, apresentando um fator **R** e outro **r**. Como o fator **R** é dominante sobre **r**, são formadas apenas sementes lisas.

As plantas **Rr** produzem dois tipos de gameta, sendo 50% deles com o fator **R** e 50% com o fator **r**. Na autofecundação, esses gametas unem-se ao acaso possibilitando quatro tipos de combinação entre os fatores, todas em porcentagens iguais de 25% cada. Assim, obtêm-se em F_2:

- 25% de plantas **RR** – sementes lisas;
- 50% de plantas **Rr** – sementes lisas;
- 25% de plantas **rr** – sementes rugosas.

Ou seja, 75% das sementes são lisas e 25% rugosas, o que pode ser representado pela proporção 3 : 1. Veja na **figura 3.4** a segregação dos fatores, considerando apenas a característica textura da semente, e a representação dos descendentes por meio do quadro de Punnet.

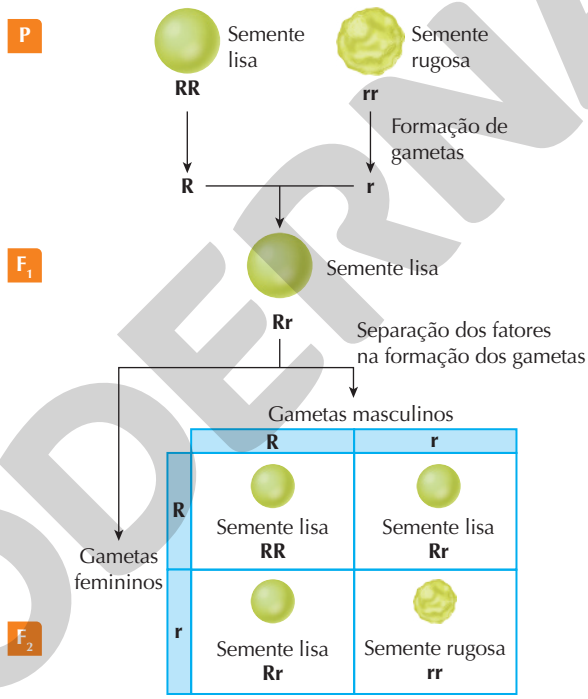


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 3.4 Representação esquemática dos cruzamentos entre plantas de ervilha, nos quais foram usadas somente as sementes para representá-las, considerando o caráter textura da semente, com o quadro de Punnett para mostrar os descendentes da geração F_2. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Cromossomos homólogos, locos gênicos e alelos

Agora, vamos analisar esses resultados à luz de novos conhecimentos, que Mendel não dispunha na época, como mencionado anteriormente.

Nas **células somáticas** de indivíduos diploides ($2n$), os cromossomos existem aos pares. Cada par é formado por **cromossomos homólogos**.

Cada cromossomo do par de homólogos contém genes para as mesmas características e na mesma posição.

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

MODERNA

O lugar que cada gene ocupa no cromossomo é denominado **loco gênico** (pronuncia-se "lóco"; do latim, *locus* = lugar).

Os genes podem apresentar diferentes formas ou variantes que se manifestam no organismo. Cada variante de um gene recebe o nome de **alelo**. Os alelos ocorrem aos pares nas células diploides, um em cada cromossomo homólogo. No caso dos experimentos de Mendel com ervilhas, cada uma das sete características avaliadas corresponde a um gene com duas versões ou alelos. O alelo, como entendemos hoje, relaciona-se ao que Mendel chamou de fator.

Os alelos surgem devido a mutações, pequenas alterações na sequência de nucleotídeos no loco de um gene. Assim, se o alelo **R** tem a informação para determinar a síntese de um polipeptídio **R**, o alelo **r** não tem a mesma informação; ele pode determinar, por exemplo, a síntese do polipeptídio **r**.

Quando os alelos de um par de homólogos são iguais, temos a condição **homozigótica** (por exemplo, **RR** e **rr**), para a qual Mendel usava o termo "puro". Quando os alelos são diferentes, temos a condição **heterozigótica** (por exemplo, **Rr**), para a qual Mendel usava o termo "híbrido".

Se um alelo só se manifesta em homozigose, dizemos que ele é **recessivo**. O alelo **dominante** se expressa tanto na sua condição homozigótica quanto na heterozigótica.

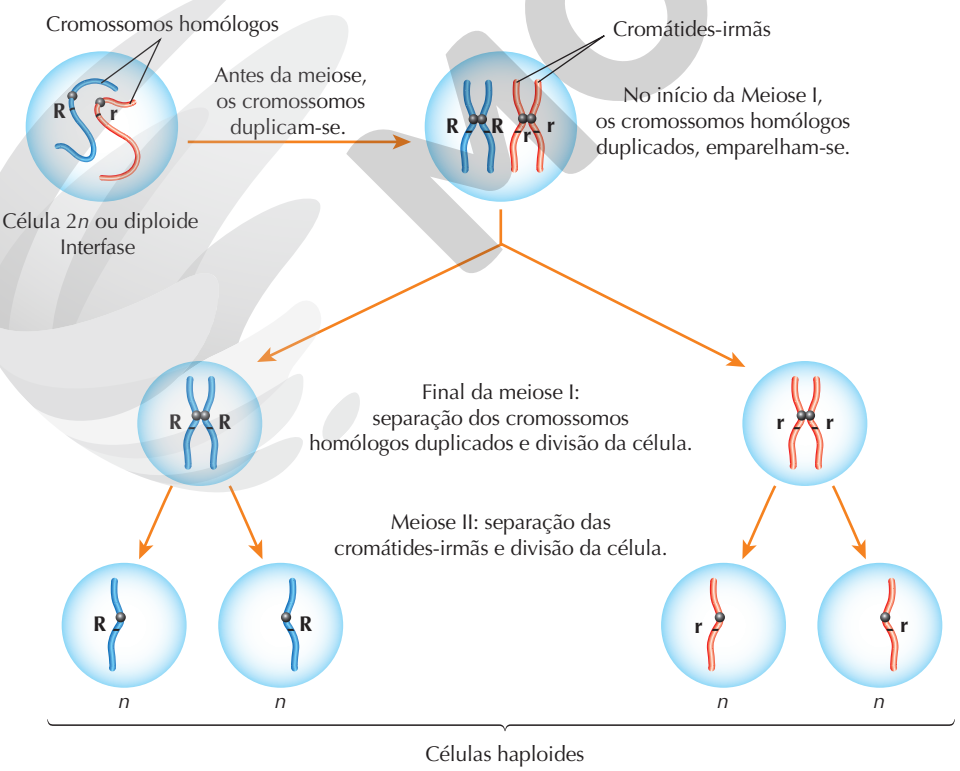
Relação entre a meiose e a primeira lei de Mendel

Para analisar a relação entre a meiose e a primeira lei de Mendel, vamos considerar uma célula hipotética com apenas um par de cromossomos homólogos, em que se destaca um par de alelos em heterozigose (**Rr**). A meiose é um tipo de divisão celular em que há duas fases: a meiose I e a meiose II. Antes de iniciar a **meiose I**, os cromossomos homólogos são duplicados ainda na interfase (fase em que a célula não está em divisão) e cada um deles passa a ser formado por um par de **cromátides-irmãs**. Na meiose I, eles se emparelham e cada um é puxado para um polo da célula, que, na sequência, se divide em duas. Assim, os cromossomos homólogos duplicados se separam. Por haver separação dos homólogos nessa fase, ela é também chamada **fase reducional**, pois há redução pela metade do número de cromossomos nas células-filhas.

Terminada a meiose I, inicia-se a **meiose II**, na qual ocorre a separação das cromátides-irmãs, acompanhada de divisão celular: cada célula proveniente da meiose I dá origem a duas outras células. Essa fase é também chamada **fase equacional**, pois, de uma célula com *n* cromossomos duplicados, formam-se duas células com *n* cromossomos não duplicados.

Ao final da meiose, formam-se, portanto, quatro células hapoides (*n*). No exemplo dado destacamos os alelos **R** e **r**, e pode-se observar que eles se separam na meiose como consequência da separação dos cromossomos homólogos: 50% das células resultantes carregam o alelo **R** e 50% o alelo **r** (**Fig. 3.5**).

Desse modo verifica-se que Mendel, antes mesmo de saber da existência de alelos, de cromossomos e da meiose, interpretou corretamente o comportamento dos fatores na herança, além de concluir, também corretamente, que esses fatores ocorrem aos pares nas células do corpo e individualmente nos gametas.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 3.5 Representação esquemática da meiose, usando uma célula diploide hipotética com apenas um par de cromossomos homólogos, em que se destaca um par de alelos em heterozigose. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Fenótipo e genótipo

As características apresentadas por um indivíduo correspondem ao **fenótipo**. Assim, para a característica textura da semente das ervilhas observadas por Mendel, há dois fenótipos: rugoso e liso. O termo fenótipo pode ser aplicado tanto ao indivíduo como um todo, considerando a manifestação de todos os seus caracteres, como também à variedade de cada característica em particular. O termo **genótipo** pode ser aplicado tanto ao conjunto total de alelos de um indivíduo, ou seja, correspondendo a constituição genética dele, como a cada par de alelos em particular. No caso das sementes de ervilha estudadas por Mendel, os genótipos para sementes lisas podem ser **RR** ou **Rr**, e o genótipo para sementes rugosas é **rr**.

Os descendentes herdam dos parentais determinado genótipo, que tem a potencialidade de expressar um fenótipo. Em muitos casos, um mesmo genótipo pode expressar diferentes fenótipos, dependendo da interação com o meio. Portanto, o genótipo determina uma escala de variedades fenotípicas para o indivíduo, e o meio determina o ponto dessa escala em que o indivíduo está. O ambiente não corresponde somente ao meio externo ao corpo do indivíduo. É também tudo o que o constitui e que ocorre com ele.

Fenótipo = Genótipo + Meio

Os gatos siameses são um exemplo da atuação do ambiente modificando o genótipo. Esses animais têm as extremidades do corpo (focinho, orelhas, patas e cauda) cobertas com pelos escuros e o resto do corpo com pelos mais claros. A cor do pelo deve-se à presença de pigmento, cuja síntese é comandada pela ação de um gene, cuja expressão só ocorre nas áreas do corpo em que a temperatura é mais baixa. Nas demais regiões, o gene não se manifesta. Nesse exemplo, o ambiente determina quando, como e se a característica relacionada a um gene vai se manifestar (**Fig. 3.6**).

UROSHPETROVIC/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Figura 3.6 Gato siamês, raça originada no antigo Sião, hoje Tailândia, cuja coloração da pelagem depende do meio.

Noções de probabilidade

A **teoria da probabilidade** é empregada em estatística para estimar matematicamente resultados de eventos que ocorrem ao acaso e com igual chance de ocorrer, como no lançamento de uma moeda ou de um dado, ambos não viciados. A previsão de resultados é feita com base em grande número de repetições dos eventos. Quanto maior for o número de repetições, mais precisa será a previsão dos resultados.

A probabilidade de um evento ocorrer (**P**) é determinada pela razão do número de eventos desejados (**A**) pelo número total de eventos possíveis (**S**).

$$P(A) = \frac{A}{S}$$

Tomando como exemplo o lançamento de um dado não viciado, em que todas as faces têm a mesma chance de ficar voltada para cima, podemos calcular a probabilidade de isso ocorrer com uma das faces; por exemplo, a face 6.

A = evento desejado ⟶ face 6

S = (faces 1, 2, 3, 4, 5, 6) ⟶ eventos possíveis ou espaço amostral

P = probabilidade

Número de eventos desejados = 1

Número total de eventos possíveis = 6

Logo: P (face 6) = $\frac{1}{6}$

A probabilidade de ocorrer o número 6 no lançamento de um dado é, portanto, de uma em seis.

As probabilidades de os eventos ocorrerem referem-se a resultados esperados, mas os obtidos na prática não são exatamente os previstos.

Os **resultados obtidos** aproximam-se dos **resultados esperados** à medida que aumenta o número de repetições de eventos.

Por isso, em experimentações genéticas é comum a escolha de organismos que têm ciclo reprodutivo rápido, com muitos descendentes em cada ciclo. Nesse sentido, a planta de ervilha escolhida por Mendel foi bastante adequada, pois ela atende a esses dois requisitos básicos.

As **proporções esperadas** nos cruzamentos indicam simplesmente a probabilidade de ocorrer. Quando se diz que uma proporção fenotípica é 3 : 1, não significa que um casal com 4 filhos tem obrigatoriamente 3 deles com fenótipo dominante e 1 com recessivo. A proporção indica apenas que cada filho desse casal teve 3 chances em 4 de apresentar o fenótipo dominante e 1 chance em 4 de apresentar o recessivo. Assim, esse casal pode ter 4 filhos com o mesmo fenótipo para determinada característica, por exemplo. Entretanto, quanto maior for o número de filhos (assim como quanto maior o número de repetições dos eventos), a proporção fenotípica mais se aproximará de 3 : 1.

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

Probabilidade de ocorrer um OU outro evento

Até aqui nos referimos à probabilidade de ocorrer apenas um evento. Entretanto, é possível saber qual a probabilidade de ocorrer um **ou** outro evento. Por exemplo: qual é a probabilidade de sair o número 2 **ou** o número 5 em um lançamento de dado?

Neste caso consideram-se dois eventos: o número 2 **ou** o 5. Esses eventos não ocorrem juntos, pois, se sair o número 2, não sairá o número 5. Assim, eles são **mutuamente exclusivos**.

A probabilidade de que aconteçam eventos mutuamente exclusivos é dada pela **soma** das probabilidades isoladas de cada evento. No nosso exemplo, a probabilidade de sair 2 **ou** 5 no lançamento do dado é:

$$P(2) = \frac{1}{6}$$

$$P(5) = \frac{1}{6}$$

$$P(2 \textbf{ ou } 6) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

Regra do OU

A probabilidade de ocorrerem eventos mutuamente exclusivos é dada pela soma das probabilidades isoladas de cada evento: P (A ou B) = P (A) + P (B).

Probabilidade de ocorrer um E outro evento

Eventos iguais

É possível saber a probabilidade de que aconteçam dois eventos **independentes** e **iguais**. Por exemplo, sair o número 6 em dois lançamentos de dado. Os eventos são independentes, pois o fato de aparecer o número 6 em um lançamento não interfere na chance de sair o número 6 em outro. Portanto, buscamos a chance de ocorrer 6 e 6, ou seja, um evento **e** outro. Nesses casos, a probabilidade é obtida pela **multiplicação** das probabilidades isoladas.

$$P(6) = \frac{1}{6}$$

$$P(6 \textbf{ e } 6) = \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

Eventos diferentes

Vejamos agora como se calcula a probabilidade de dois eventos **diferentes** e **independentes** ocorrerem juntos. Neste caso, devem ser consideradas duas situações, uma em que a ordem dos eventos é importante; e outra em que a ordem não é importante.

Quando a ordem importa

Calculemos a probabilidade de obter o número 1 em um lançamento de um dado e, em seguida, o número 6 em outro lançamento. Neste caso, multiplica-se a probabilidade de cada evento:

$$P(1) = \frac{1}{6}$$

$$P(6) = \frac{1}{6}$$

$$P(1 \textbf{ e } 6) = \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

Quando a ordem não importa

Se desejarmos saber qual a probabilidade de ocorrer o número 1 e o número 6 sem especificar a ordem, temos que considerar como eventos favoráveis tanto (1 **e** 6) como (6 **e** 1). Nesse caso, o cálculo da probabilidade deve ser feito da seguinte maneira:

$$p(1 \textbf{ e } 6) = \frac{1}{36}$$

$$p(6 \textbf{ e } 1) = \frac{1}{36}$$

$$p(1 \textbf{ e } 6) \textbf{ ou } (6 \textbf{ e } 1) = \frac{1}{36} + \frac{1}{36} = \frac{2}{36} = \frac{1}{18}$$

Regra do E

- Deseja-se o mesmo evento:
  P (A e A) = P (A) × P (A)
- Desejam-se eventos diferentes:
  I) se a ordem for importante:
  (1º A e 2º B) = P (A) × P (B)
  II) se a ordem não for importante, aceitam-se:
  (1º A e 2º B) ou (1º B e 2º A) = P (A e B) ou
  (B e A) = [P (A) × P (B)] + [P (B) × P (A)]

Probabilidade condicional

Usamos a expressão "probabilidade condicional" quando estimamos resultados de eventos ao acaso tendo uma condição conhecida. Por exemplo: pode-se calcular a probabilidade de uma semente com textura lisa ser heterozigótica no cruzamento de duas plantas heterozigóticas. Nesse caso, há uma condição: a semente é lisa. Do cruzamento entre dois heterozigotos para essa condição, resultam sementes lisas e rugosas e, entre as sementes lisas, $\frac{2}{3}$ delas são heterozigóticas. Assim, a resposta para esse caso é: $\frac{2}{3}$ das sementes lisas são heterozigóticas.

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

MODERNA

Probabilidade e primeira lei de Mendel

Vamos retomar a experimentação de Mendel, dada como exemplo neste Tema, e aplicar a ela as noções de probabilidade.

Na geração parental, os indivíduos homozigóticos **RR** produzem 100% de gametas **R**; e os indivíduos **rr**, 100% de gametas **r**. A probabilidade de um gameta **R** e um gameta **r** se encontrarem ao acaso é dada pela multiplicação das probabilidades isoladas:

P (gameta **R**) = 100% ou 1

P (gameta **r**) = 100% ou 1

P (**Rr**) = 1 × 1 = 1

Na geração F_1, espera-se que 100% dos indivíduos sejam **Rr**, o que realmente foi verificado por Mendel.

Nos indivíduos **Rr**, metade dos gametas tem o alelo **R**, e a outra metade, o alelo **r**. Esses indivíduos produzem gametas masculinos e femininos que se encontram ao acaso. Nesse caso, devem ser considerados dois tipos de situação: um em que os eventos são iguais e independentes; e outro em que os eventos são diferentes e a ordem não importa.

- **Evento iguais e independentes**

Multiplica-se a probabilidade de cada evento isolado. É o caso da probabilidade de um gameta masculino **R** encontrar um feminino **R** ou de um gameta masculino **r** encontrar um feminino **r**:

$$P(\mathbf{R}\ \mathbf{e}\ \mathbf{R}) = P(\mathbf{R}) \times P(\mathbf{R}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$P(\mathbf{r}\ \mathbf{e}\ \mathbf{r}) = P(\mathbf{r}) \times P(\mathbf{r}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

- **Eventos diferentes em que a ordem não importa**

Calcula-se a probabilidade isolada de cada evento e em seguida elas são somadas; é o caso da formação dos híbridos, em que há duas possibilidades: o gameta masculino **R** pode encontrar o gameta feminino **r** ou o gameta masculino **r** pode encontrar o gameta feminino **R**.

$$P(\mathbf{R}\ \text{e}\ \mathbf{r}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$P(\mathbf{r}\ \text{e}\ \mathbf{R}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$P(\mathbf{R}\ \text{e}\ \mathbf{r})\ \text{ou}\ (\mathbf{r}\ \text{e}\ \mathbf{R}) = P(\mathbf{R}\ \text{e}\ \mathbf{r}) + P(\mathbf{r}\ \text{e}\ \mathbf{R})$$

$$P(\mathbf{Rr}) = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

As proporções **genotípicas** esperadas na geração F_2 de Mendel são, portanto:

$$\frac{1}{4}\ \mathbf{RR} : \frac{2}{4}\mathbf{Rr} : \frac{1}{4}\mathbf{rr}$$

Ou simplesmente 1 : 2 : 1

Para calcular as proporções **fenotípicas**, utiliza-se a regra dos eventos mutuamente exclusivos: a probabilidade de que a semente lisa ocorra é dada pela soma da probabilidade do genótipo **RR** ou **Rr**.

P (lisa) = P (**RR**) + P (**Rr**)

$$P(\text{lisa}) = \frac{1}{4} + \frac{2}{4} = \frac{3}{4}$$

A probabilidade de ocorrer semente rugosa em F_2 é obtida apenas pelo genótipo **rr**, que representa $\frac{1}{4}$.

As proporções fenotípicas esperadas na geração F_2 de Mendel são, portanto:

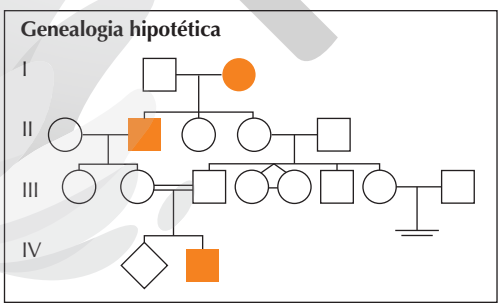
$$\frac{3}{4}\ \text{lisa} : \frac{1}{4}\ \text{rugosa}$$

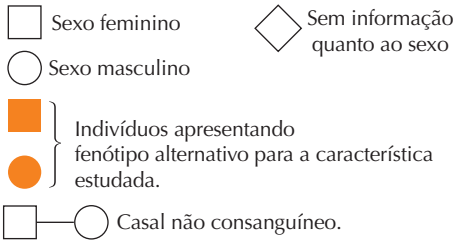
Ou simplesmente 3 : 1

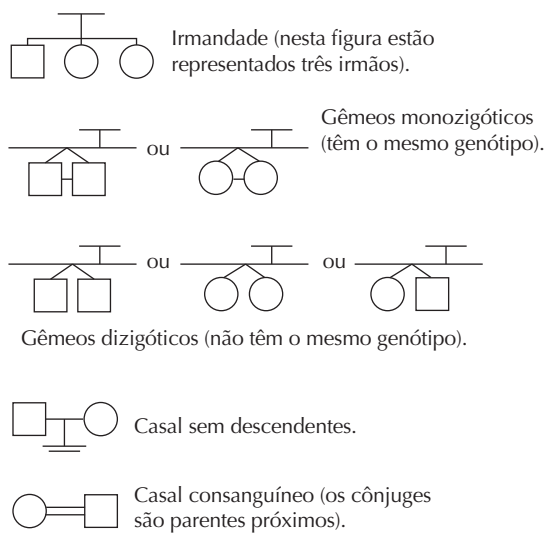
Essas foram as proporções aproximadas obtidas por Mendel.

Genealogias ou heredogramas

Genealogias ou **heredogramas** são representações gráficas das ocorrências de uma ou mais características genéticas em uma família. A genealogia apresentada na **figura 3.7** foi montada com diversos símbolos que podem ser utilizados na construção dessas representações.







Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética.* 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Figura 3.7 Exemplo de genealogia (em destaque) e alguns símbolos que podem ser usados nesses diagramas. Os numerais romanos representam as gerações.

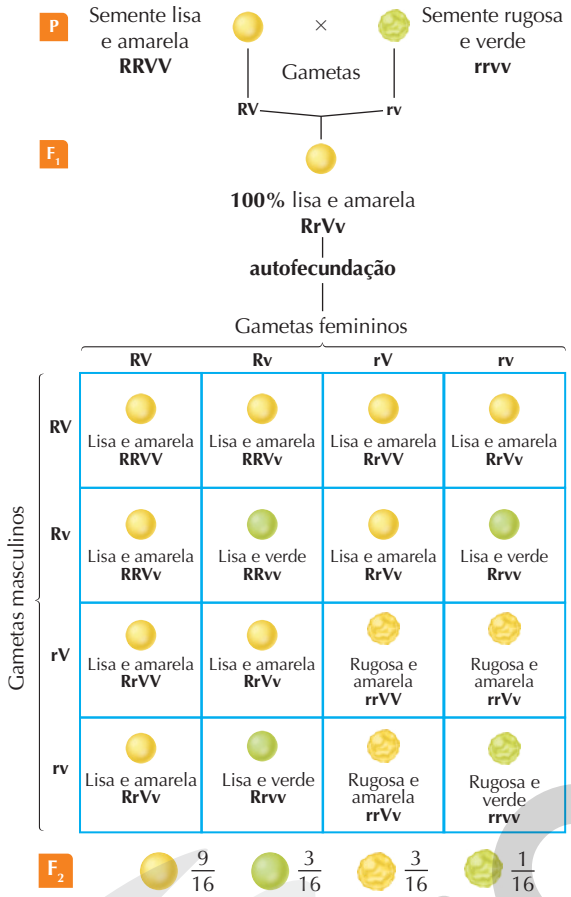
ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

A segunda lei de Mendel

Utilizando a mesma metodologia, Mendel deu prosseguimento a suas experimentações e analisou a herança de dois caracteres ao mesmo tempo. Por exemplo, a textura e a cor da semente, como resumimos no esquema simplificado da **figura 3.8**.



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 3.8 Representação esquemática dos cruzamentos entre plantas de ervilha, visando entender a herança dos caracteres textura e cor da semente. Nela, as sementes foram utilizadas para representar as plantas; as letras **V** (cor amarela), **v** (cor verde), **R** (textura lisa) e **r** (textura rugosa) indicam os fatores mendelianos ou alelos (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Assim, na geração P, ao cruzar plantas puras para esses dois caracteres, sendo uma delas para sementes lisas e amarelas (**RRVV**) e a outra para sementes rugosas e verdes (**rrvv**), ele obteve, em F1, 100% das sementes lisas e amarelas (**RrVv**). Como resultado da autofecundação de F1, a proporção aproximada em F_2 foi de $\frac{9}{16}$ lisas e amarelas (**R_V_**); $\frac{3}{16}$ lisas e verdes (**R_vv**); $\frac{3}{16}$ rugosas e amarelas (**rrV_**); $\frac{1}{16}$ rugosa e verde (**rrvv**).

Com base nesses resultados, Mendel concluiu que a segregação do fator para a cor da semente não depende da do fator para a textura e vice-versa, de modo que esses dois caracteres se transmitem de maneira independente.

Mendel analisou, duas a duas, as sete características que considerou em seus trabalhos e, em todos os casos, verificou a independência da transmissão dessas características e a mesma proporção fenotípica em F_2, **9 : 3 : 3 : 1**, sendo o **9** referente à ocorrência de dois fenótipos dominantes no mesmo indivíduo, o **3** à ocorrência de um fenótipo dominante e um recessivo, e o **1**, à ocorrência de dois fenótipos recessivos.

As conclusões de Mendel em função desses resultados são enunciadas como sendo sua segunda lei, também chamada lei da segregação independente.

Segunda lei de Mendel

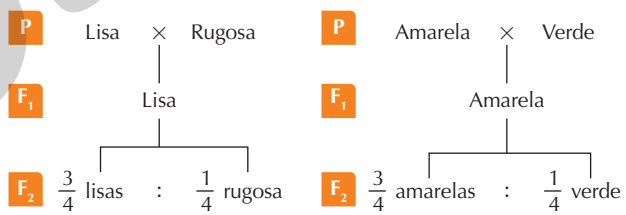
Os fatores do par responsável por uma característica separam-se independentemente dos fatores do par responsável por outra característica de modo que os caracteres transmitem-se de maneira independente.

Ou, com base em conceitos mais atuais: os alelos de genes localizados em cromossomos não homólogos separam-se independentemente na formação dos gametas.

Probabilidade e a segunda lei de Mendel

A proporção fenotípica de 9 : 3 : 3 : 1 na geração F_2 de Mendel é a que se obtém ao aplicarmos a teoria das probabilidades para eventos independentes e simultâneos, confirmando que a transmissão de uma característica é independente da transmissão de outra.

Considerando o exemplo da cor e textura da semente, vamos analisar cada herança separadamente e depois calcular as combinações possíveis (**Fig. 3.9**).



Fonte: PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

Figura 3.9 Representação esquemática dos cruzamentos entre plantas de ervilha e as proporções dos descendentes das gerações F_1 e F_2, analisando os caracteres textura e cor de semente separadamente.

As combinações possíveis são calculadas considerando a probabilidade de um evento e outro ocorrerem juntos. Para isso, multiplicam-se as probabilidades isoladas de cada evento:

- sementes lisas e amarelas $= \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$
- sementes lisas e verdes $= \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$
- sementes rugosas e amarelas $= \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$
- sementes rugosas e verdes $= \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Obtém-se, então, a proporção fenotípica de: **9** lisas e amarelas; **3** rugosas e amarelas; **3** lisas e verdes; **1** rugosa e verde. Essa foi a proporção que Mendel obteve em suas experimentações, comprovando, dessa forma, a transmissão independente desses caracteres.

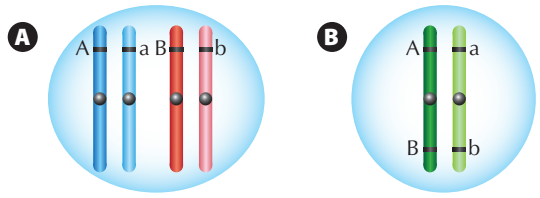
Meiose e a segunda lei de Mendel

Para explicar a relação entre a meiose e a segunda lei de Mendel, vamos usar uma célula inicial hipotética destacando apenas dois cromossomos com os alelos dos genes em heterozigose (**RrVv**). Como exposto anteriormente, a duplicação dos cromossomos ocorre na interfase; no início da meiose I, os cromossomos homólogos emparelham-se. Na metáfase I, uma das fases da meiose I, os cromossomos homólogos emparelhados ficam organizados na região equatorial da célula. Como estamos analisando dois pares de cromossomos homólogos, eles podem se dispor de duas maneiras diferentes e igualmente prováveis na metafase I, como mostra a **figura 3.10**. Com o prosseguimento da meiose I, há separação dos cromossomos homólogos e divisão celular. A seguir, ocorre a meiose II, com a separação das cromátides-irmãs e a divisão da célula. Considerando a ocorrência das duas possibilidades de arranjo dos cromossomos homólogos na metáfase I, ao final da meiose II, é formado um total de oito células haploides: quatro delas provenientes da meiose da primeira possibilidade de arranjo e as outras quatro, da segunda possibilidade (**Fig. 3.10**).

Assim, no conjunto das meioses, indivíduos **RrVv** podem produzir quatro tipos de gameta, todos em iguais proporções: 25% **RV**, 25% **rv**, 25% **Rv** e 25% **rV**, como Mendel havia proposto.

Quando a segunda lei não é válida

A segunda lei não é válida para genes localizados no mesmo par de cromossomos homólogos (**Fig. 3.11**). Nesta obra, esses casos, que são chamados genes ligados, não serão analisados.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

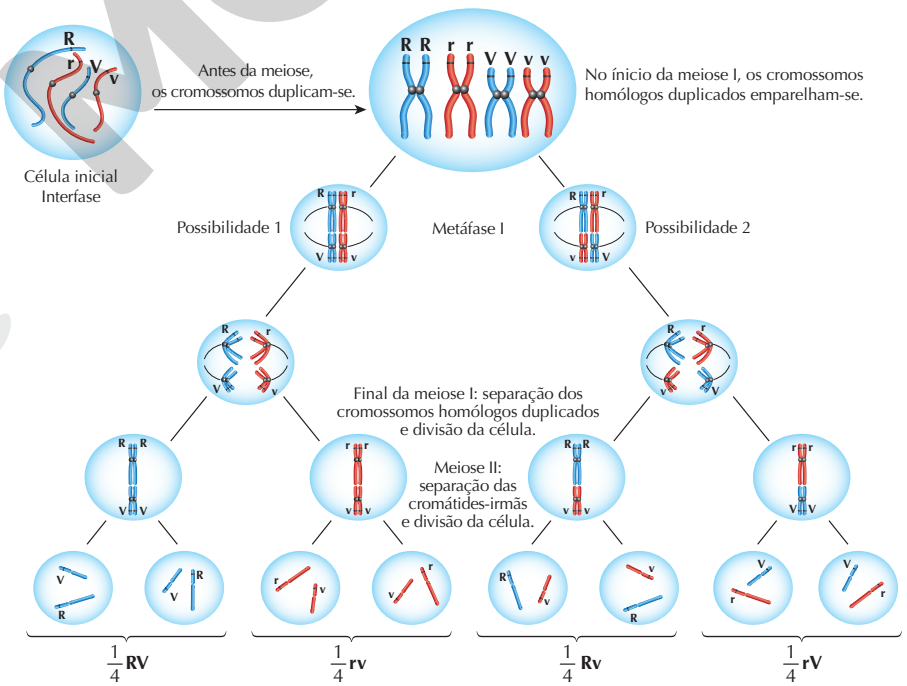
Figura 3.11 Representação esquemática de células hipotéticas destacando apenas dois genes em heterozigose. **(A)** Os genes estão localizados em cromossomos diferentes. **(B)** Os genes estão localizados no mesmo par de cromossomos homólogos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Assim, a segunda lei de Mendel não é tão geral quanto a primeira, limitando-se apenas a **genes localizados em cromossomos não homólogos**.

Os grupos sanguíneos

Os grupos sanguíneos são determinados pelo tipo de **antígeno** presente na superfície das hemácias do sangue. Esses antígenos, também chamados **aglutinogênios**, são codificados por genes e transmitidos de pais para filhos pelos mecanismos de herança.

A **tipagem sanguínea** é feita em testes laboratoriais seguindo um rígido protocolo de segurança para evitar riscos de contaminação por doenças transmitidas pelo sangue. Nesses testes, amostras de sangue de uma pessoa são colocadas em contato com soros contendo **anticorpos**, também chamados **aglutininas**, específicos para cada antígeno. Quando há a reação antígeno-anticorpo, ocorre a aglutinação das hemácias e, em função dessa reação, ou da ausência dela, é que os grupos sanguíneos são determinados.



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Figura 3.10 Representação esquemática simplificada da meiose a partir de uma célula heterozigótica para dois genes localizados em cromossomos distintos.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

Nesta coleção optou-se por apresentar os sistemas mais relevantes para o entendimento e a participação na vida social. No entanto, caso queira explorar esse aspecto com os estudantes, recorra ao artigo disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/vox.12717> (acesso em: 5 ago. 2020).

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

Os estudos iniciais com os grupos sanguíneos foram desenvolvidos na década de 1900 pelo médico e pesquisador austríaco Karl Landsteiner (1868-1943), preocupado em entender problemas em transfusões sanguíneas. Ele descreveu o primeiro sistema de classificação dos grupos sanguíneos, o ABO. Mais tarde, descreveu outros, um deles o sistema Rh, nesse caso com o médico estadunidense Alexander Wiener (1907-1976). A determinação genética e os mecanismos hereditários dos grupos sanguíneos só foram descobertos mais tarde, por outros pesquisadores.

Atualmente já são descritos 36 grupos sanguíneos e, destes, vamos analisar aqueles que pertencem a dois sistemas de classificação, o **ABO** e o **Rh**, que são os mais importantes em transfusões sanguíneas e em análises forenses.

Os sistemas ABO e Rh envolvem alelos localizados em cromossomos distintos, de modo que são transmitidos independentemente de acordo com a segunda lei de Mendel. Os alelos do sistema ABO localizam-se no cromossomo 9, e os do Rh, no cromossomo 1.

Sistema Rh

O sistema Rh envolve cerca de 50 antígenos distintos e seu mecanismo de herança é complexo, mas o mais importante é o **antígeno D** ou RhD. Se ele está presente na hemácia, a pessoa é considerada pertencente ao grupo **Rh positivo** (+), caso contrário, ela é considerada do grupo **Rh negativo** (−). A maioria das pessoas no Brasil pertence ao grupo Rh^+.

O antígeno D reage com anticorpos anti-Rh. Estes não ocorrem naturalmente no sangue das pessoas, sendo produzidos apenas quando há estímulo, ou seja, quando uma pessoa que não tem naturalmente o antígeno D em suas hemácias, portanto Rh^-, recebe, por exemplo, uma transfusão de sangue de uma pessoa Rh^+, que tem esse antígeno. Hemácias do doador contendo o antígeno D estimulam no receptor a produção do anticorpo anti-Rh, o que causa aglutinação das hemácias recebidas, com prejuízos à saúde do receptor. Assim, pessoas que são Rh^- só podem receber sangue de pessoas que também são Rh^-. As pessoas que são Rh^+, por outro lado, podem receber sangue de pessoas Rh^- e Rh^+.

Essa incompatibilidade dos tipos sanguíneos do sistema Rh é também a causa de uma doença chamada **eritroblastose fetal** ou **doença hemolítica do recém-nascido**, caracterizada pela destruição das hemácias do feto ou do recém-nascido, podendo causar sua morte.

Essa doença ocorre quando a mãe é Rh^- e o bebê, Rh^+, mas apenas se a mãe já tiver sido sensibilizada anteriormente por uma transfusão sanguínea com sangue Rh^+ ou em função de uma gestação anterior de um bebê Rh^+. Neste último caso, a sensibilização ocorre, pois hemácias do bebê contendo o antígeno D podem passar para o sangue da mãe durante o parto, o que a levará a produzir anticorpos anti-Rh. A mãe sensibilizada contém em seu plasma esses anticorpos, que são imunoglobulinas G (IgG); eles atravessam a placenta. Em uma nova gravidez, se o bebê for Rh^+, os anticorpos vão reagir com suas hemácias, causando a doença. Recém-nascidos que apresentam eritroblastose fetal são submetidos a transfusão com sangue Rh^-, pois nele não há hemácias com antígeno D que possam ser destruídas pelos anticorpos recebidos da mãe. Como o tempo de vida das hemácias é de aproximadamente 100 dias, durante esse período, as hemácias transferidas morrem e vão sendo substituídas aos poucos pelas produzidas pelo próprio bebê. Essas novas hemácias possuem antígeno D, pois o indivíduo apresenta o alelo relacionado à produção desse antígeno. Quando a substituição das hemácias ocorrer por completo, não haverá mais, no sangue do bebê, o anticorpo que recebeu da mãe.

Atualmente, a eritroblastose fetal é prevenida injetando-se, na mãe Rh^- sensibilizada, soro contendo anti-Rh logo após o nascimento do primeiro filho Rh^+. Os anticorpos neutralizam os antígenos presentes nas hemácias e promovem sua destruição. Assim, após alguns meses, não há mais anticorpos anti-Rh circulando no corpo materno. Nesses casos, a prática deve ser repetida depois de cada parto de bebê Rh^+, a fim de diminuir a sensibilização da mãe.

A determinação genética do sistema Rh é bastante complexa. De modo simplificado, pode-se atribuir a herança do antígeno D do sistema Rh a um par de alelos com relação de dominância completa: o alelo **D**, que determina a produção do antígeno D, é dominante sobre o alelo **d**. Assim, temos os genótipos e os respectivos fenótipos resumidos na **Tabela 3.2**.

Tabela 3.2 Genótipos e respectivos fenótipos dos grupos sanguíneos do sistema Rh

Genótipo	Fenótipo
DD ou **Dd**	Rh^+
dd	Rh^-

Fonte: BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. *Genética Humana*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

Sistema ABO

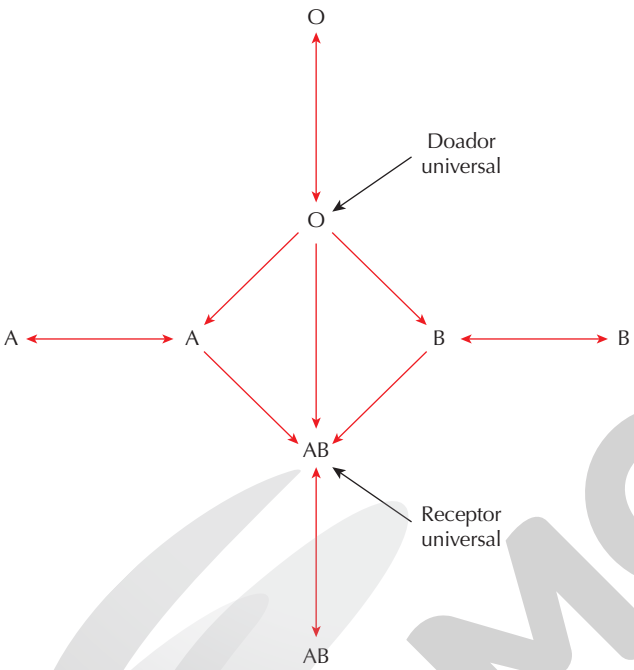
No sistema ABO há dois tipos de antígenos que podem estar presentes nas hemácias, o **antígeno A** e o **B**. Em função deles, são identificados quatro tipos de grupos sanguíneos:

- **Grupo A**, no qual há o antígeno A;
- **Grupo B**, no qual há o antígeno B;
- **Grupos AB**, no qual há o antígeno A e o B;
- **Grupo O**, no qual não há esses antígenos.

Ao contrário do que ocorre no sistema Rh, no caso do sistema ABO, já há no plasma das pessoas anticorpos específicos contra esses antígenos, de modo que as pessoas do grupo A possuem anticorpos **anti-B**, as pessoas do grupo B possuem anticorpos **anti-A** e as pessoas do grupo O possuem tanto os anticorpos anti-A como os anti-B. Em contrapartida, as pessoas do grupo AB não possuem esses anticorpos.

Nas transfusões, é necessário que haja compatibilidade entre o antígeno das hemácias do doador com o anticorpo do plasma do receptor. Havendo incompatibilidade, há aglutinação das hemácias do receptor. Por já existirem anticorpos prontos no plasma, os riscos de morte com erros nas transfusões são maiores do que no caso do sistema Rh. Com base nesses dados, podemos construir as possibilidades de transfusão de sangue considerando o sistema ABO (**Fig. 3.12**).

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA



Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Figura 3.12 Diagrama das possibilidades de transfusão de sangue não fracionado considerando o sistema ABO.

Os indivíduos do grupo sanguíneo O podem doar sangue para indivíduos de todos os outros grupos, pois suas hemácias não contêm antígenos A nem B. Por isso, são denominados **doadores universais**. Já os indivíduos do grupo sanguíneo AB podem receber sangue de indivíduos de todos os outros grupos, pois seu plasma não contém os anticorpos anti-A e anti-B. Em razão disso, são denominados **receptores universais**. Embora isso seja possível, é necessário cautela, pois o ideal é que as transfusões sejam feitas entre indivíduos do mesmo grupo sanguíneo. Além disso, também deve haver compatibilidade entre os grupos sanguíneos do sistema Rh.

Essa análise da compatibilidade sanguínea é válida quando se faz a transfusão usando bolsas de sangue não fracionado do doador, mas, em muitos casos, o sangue doado é fracionado de modo a separar três de seus componentes: os glóbulos vermelhos, as plaquetas e o plasma. Esses componentes podem ser usados separadamente nas transfusões dependendo da necessidade do paciente, o que permite que mais de um receptor se beneficie do sangue de apenas um doador. Nesses casos, a relação entre doador e receptor varia. Por exemplo: se o plasma de um doador do grupo O for usado na transfusão para uma pessoa do grupo A, do grupo B ou do grupo AB, haverá aglutinação do sangue do receptor, pois no plasma do sangue O há anticorpos anti-A e anti-B. Assim, nesse caso, com relação à transfusão de plasma, o grupo O não pode ser considerado doador universal.

A incompatibilidade do grupo sanguíneo do sistema ABO entre mãe e feto é um dos fatores relacionados com a menor frequência de eritroblastose fetal. Por exemplo, se na primeira gestação de uma mãe do grupo A Rh^- o bebê é do grupo B Rh^+ e, no parto, as hemácias do bebê passarem para o sangue da mãe, elas serão rapidamente destruídas pelos anticorpos anti-B que já estão presentes em seu plasma. Assim, mesmo a mãe sendo Rh^- e o bebê, Rh^+, com a destruição das hemácias do bebê no corpo da mãe, não haverá tempo para a produção de anticorpos anti-Rh.

A herança do sistema ABO está relacionada a três alelos para o mesmo gene sendo um caso de **polialelia**. Esses casos diferem dos que analisamos até aqui, em que cada gene apresentava apenas dois alelos. Na polialelia, o gene tem mais de duas possibilidades de alelos na população. Porém, ainda que existam em uma população vários alelos para um mesmo gene, em cada célula diploide de um indivíduo ocorrem apenas dois deles: um em um dos cromossomos e o outro no seu homólogo.

Nos casos de polialelia, os diferentes fenótipos dependem do tipo de relação que há entre os alelos. No sistema ABO, os alelos envolvidos são chamados I^A, I^B e **i**. A letra **i** deriva da palavra **isoaglutinação**, que se refere à aglutinação do sangue que ocorre na transfusão entre indivíduos de mesma espécie com tipos sanguíneos incompatíveis.

O alelo **i** é recessivo em relação aos alelos I^A e I^B. Assim, um indivíduo do grupo sanguíneo O é homozigótico recessivo (**ii**). Os alelos I^A e I^B têm um tipo de relação chamada **codominância**, pois, quando os dois estão presentes no mesmo indivíduo, ambos se manifestam e o fenótipo apresentado é o do grupo sanguíneo AB.

Veja um resumo dos possíveis genótipos e respectivos fenótipos do sistema ABO na **Tabela 3.3**.

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

Tabela 3.3 Genótipos e respectivos fenótipos dos grupos sanguíneos do sistema ABO

Genótipo	Fenótipo
I^AI^A ou I^Ai	Grupo A
I^BI^B ou I^Bi	Grupo B
I^AI^B	Grupo AB
ii	Grupo O

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. *Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Na herança do sistema ABO há também a interação com dois alelos de um gene localizado em outro cromossomo, o cromossomo 19: os alelos **H** e **h**, que apresentam relação de dominância completa entre si. Os indivíduos **HH** ou **Hh** sintetizam uma enzima que transforma uma substância precursora em **antígeno H**, que está presente em 99,9% da população. Esse antígeno pode ser transformado em **antígeno A** ou **B**, respectivamente, pelas enzimas sintetizadas sob o comando dos alelos I^A ou I^B. No caso do genótipo **ii**, o antígeno H não é transformado, pois os alelos não sintetizam as enzimas A ou B (**Tab. 3.4**).

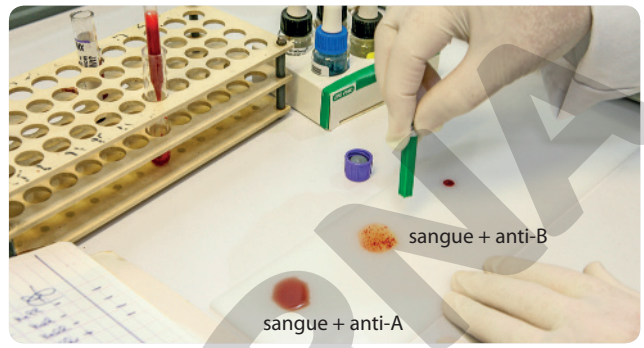
Tabela 3.4 Relação entre genótipos HH e Hh com o sistema ABO e fenótipo consequente

Sistema do antígeno H	Sistema ABO	Fenótipo
Genótipos **HH** ou **Hh** → Enzima **H** → Antígeno **H** → Substância precursora	Genótipos I^AI^A; I^Ai → Enzima **A** → Antígeno **A**	Grupo **A**
	Genótipos I^BI^B; I^Bi → Enzima **B** → Antígeno **B**	Grupo **B**
	Genótipos I^AI^B → Enzima **A** → Antígeno **A**; Enzima **B** → Antígeno **B**	Grupo **AB**
	Genótipos **ii** → Não sintetizam enzimas **A** ou **B** → Antígeno **H**	Grupo **O**

Fonte: BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. *Genética Humana*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

É a presença desses **antígenos A** e **B** que se investiga nos testes tradicionais de determinação dos grupos sanguíneos. Desse modo, nos indivíduos **HH** ou **Hh**, esses testes fornecem resultados que permitem identificar o fenótipo do indivíduo quanto ao sistema ABO.

No teste representado na **Figura 3.13**, duas gotas de soro, uma com anti-A e outra com anti-B, são adicionadas a uma placa e recebem duas gotas de sangue cada uma. Nesse teste não houve aglutinação com o anti-A, mas houve com anti-B, indicando que as hemácias do sangue possuem o aglutinogênio B. De acordo com esse resultado, o sangue é do tipo B. Se o sangue apenas houvesse aglutinado com anti-A, o tipo sanguíneo seria o A; aglutinando-se as duas gotas, o sangue seria do tipo AB e, finalmente, se nenhuma gota tivesse aglutinado, o sangue seria do tipo O.



CHASSENET/BSIP/AGB PHOTO LIBRARY

Figura 3.13 Resultado de um ensaio de laboratório para tipagem de sangue pelo sistema ABO. **Atenção**: esse procedimento só deve ser realizado em laboratórios especializados, pois há risco de contágio por doenças transmitidas pelo sangue.

No entanto, os indivíduos **hh** sintetizam uma enzima que não transforma a substância precursora em **antígeno H**. Na ausência desse antígeno, as enzimas produzidas a partir da expressão dos alelos I^A e I^B não são operantes, pois não existe o substrato (**antígeno H**) sobre o qual atuam. Assim, não são formados os **antígenos A** ou **B**, mesmo que a pessoa tenha os alelos I^A e/ou I^B. Essas pessoas são **falso O** (**Tab. 3.5**).

Tabela 3.5 Relação entre o genótipo hh com o sistema ABO e fenótipo consequente

Sistema H	Sistema ABO	Fenótipo
Genótipos **hh** → Enzima inativa → Substância precursora → Substância precursora	Genótipos I^AI^A; I^Ai → Enzima **A**; I^BI^B; I^Bi → Enzima **B**; I^AI^B → Enzima **A** e enzima **B** → Inoperantes pela ausência do substrato sobre o qual atuam.	Falso **O**

Fonte: BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. *Genética Humana*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

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

MODERNA

O teste para saber se o indivíduo é um **falso O** é feito pingando uma gota do sangue dele em uma lâmina e adicionando a ela o anticorpo anti-H. Se ocorrer aglutinação, o indivíduo é um **O verdadeiro**; se não, é um **falso O**. Nesse caso, não é possível saber o grupo sanguíneo real do indivíduo.

Como o loco dos alelos **H** e **h** estão em um par de cromossomos homólogos diferente de onde está o loco dos alelos do sistema ABO, eles se segregam independentemente na meiose, de acordo com a segunda lei de Mendel.

Grupos sanguíneos e a Biologia Forense

A análise dos grupos sanguíneos pode ser usada na identificação de pessoas envolvidas em crimes e também em casos de definição de paternidade, embora já existam testes mais modernos usando análise do DNA, como veremos mais adiante.

Como exemplo para tratar da paternidade, considere a seguinte situação: dois casais afirmam que determinada criança encontrada pela polícia é seu filho desaparecido. A fim de esclarecer o caso, são feitas as determinações dos grupos sanguíneos de todos os envolvidos. Os resultados são:

Criança: grupo O

Casal 1

♀: grupo O

♂: grupo AB

Casal 2

♀: grupo A

♂: grupo B

Considerando o casal 1, a mulher é do grupo O e, portanto, **ii**, e o marido é do grupo AB, portanto, I^AI^B. Nesse cruzamento, a mulher forma 100% de seus gametas com o alelo **i** e o homem forma 50% de seus gametas com o alelo I^A e 50% com o alelo I^B. Os possíveis descendentes desse cruzamento estão demonstrados no quadro de Punnet, a seguir.

Gametas femininos \ Gametas masculinos	I^A	I^B
i	I^Ai grupo A	I^Bi grupo B

Assim, os possíveis tipos sanguíneos do sistema ABO nos descendentes desse casal são: 50% de chance de ser I^Ai e 50% de chance de ser I^Bi, ou seja, respectivamente do grupo A ou do B. Como a criança é do grupo O, ela não pode ser filha desse casal.

Considerando o casal 2, a mulher é do grupo A (I^AI^A ou I^Ai), e o homem é do grupo B (I^BI^B ou I^Bi). Caso ambos sejam heterozigóticos, os possíveis gametas e descendentes estão demonstrados no quadro de Punnett, a seguir.

Gametas femininos \ Gametas masculinos	I^B	i
I^A	I^AI^B grupo AB	I^Ai grupo A
i	I^Bi grupo B	ii grupo O

Assim, caso sejam heterozigóticos, o casal tem 25% de chance de ter um filho do grupo O. Mas ainda seria possível que um ou ambos sejam homozigóticos. Assim, para tentar esclarecer essa possibilidade, analisou-se o sistema Rh e verificou-se que:

- a criança é Rh^- e, portanto, **dd**;
- A mulher é Rh^+ e, portanto, pode ser **DD** ou **Dd;**
- O marido é RH^- e, portanto, **dd**.

Com relação ao sistema Rh, esse casal pode ter um filho Rh^- se a mãe for **Dd**. Assim, os resultados apontam que há chances de a criança ser filha do casal, mas não se pode afirmar com certeza.

Nesse caso, pode-se concluir apenas que a criança não é filha do casal 1, mas não se pode afirmar com certeza que ela é filha do casal 2. A análise dos grupos sanguíneos apenas exclui a paternidade, mas não confirma. Por isso é tão importante o uso de testes mais modernos, como a identificação de pessoas pelo DNA.

Identificação de pessoas pelo DNA

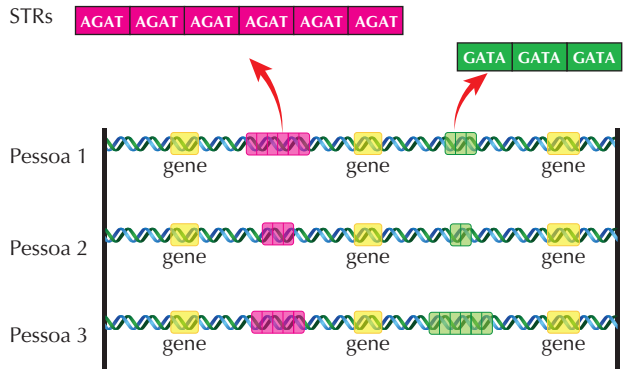
A técnica de identificação de pessoas com base no DNA foi desenvolvida pelo geneticista britânico Alec Jeffreys (1950-), em 1984, na Universidade de Leicester (Inglaterra). Desde então, ela vem sendo aprimorada por vários pesquisadores e realizada em laboratórios de Biologia Molecular no mundo todo. Com a evolução dessa técnica, hoje é possível fazer a identificação de pessoas mesmo em amostras com pouco material genético ou quando ele se encontra em mau estado de conservação, o que é importante, por exemplo, em certos casos criminais.

A ideia central dessa técnica é o reconhecimento no DNA de curtas sequências de nucleotídeos, que são herdadas dos pais de acordo com os princípios mendelianos. Cada pessoa tem um padrão de repetição dessas sequências, que é exclusivo, exceto no caso dos gêmeos monozigóticos, pois neles as sequências de bases do DNA são idênticas.

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

As sequências curtas que costumam ser analisadas atualmente são chamadas **STRs** (do inglês ***S**hort **T**andem **R**epeats*). Elas têm de 2 a 5 pares de bases nitrogenadas, que se repetem várias vezes, e é o número dessas repetições que varia entre os indivíduos. A maioria das STRs está localizada em regiões não codificantes do DNA, e o conjunto delas representa cerca de 3% do genoma humano.

Na **Figura 3.14**, há um exemplo hipotético de duas dessas sequências, AGAT e GATA, que têm um número variável de repetições em diferentes indivíduos.

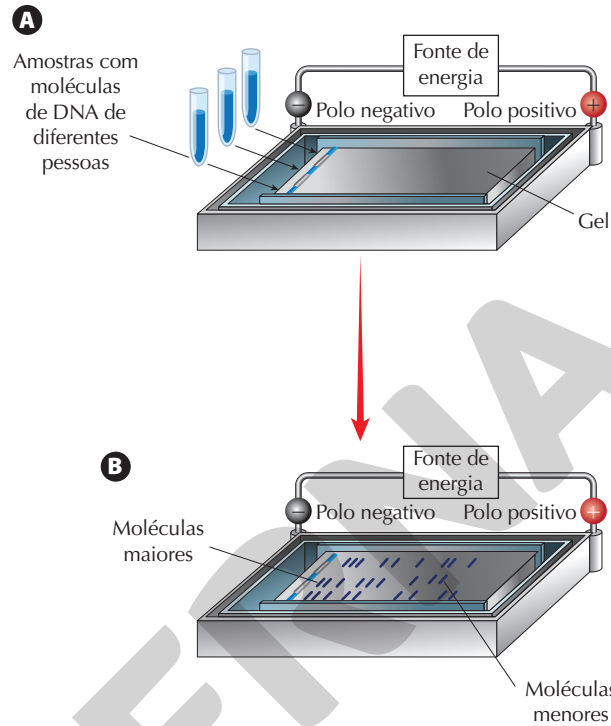


Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Figura 3.14 Representação esquemática mostrando a distribuição das STRs no DNA de três pessoas diferentes. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Nos estudos de identificação de pessoas, são analisados cerca de 13 tipos diferentes de STRs já mapeadas nos cromossomos. A análise conjunta dessas sequências permite obter resultados com 99,9% de precisão.

Amostras de sangue, do sêmen, da pele ou qualquer outra que contenha células nucleadas de uma pessoa são preparadas de modo a isolar o DNA. Em seguida, por meio de técnicas de Biologia Molecular, são produzidas várias cópias das STRs do DNA isolado. Os fragmentos resultantes são geralmente separados por **eletroforese em gel** (do grego, *phóresis* = ação de levar). Para isso, cada amostra é colocada na extremidade de uma placa de gel na qual existem fendas ou "poços". Essa placa é colocada em uma cuba com solução aquosa e associada a eletrodos (polo positivo e negativo) (**Fig. 3.15 A**). Durante a passagem da corrente elétrica, as moléculas de DNA, que têm carga negativa, migram em direção ao polo positivo. Os fragmentos maiores (com maior quantidade de repetições) migram mais lentamente, enquanto os menores (com menor quantidade de repetições) se deslocam com maior facilidade. Assim, ao longo do gel são formadas faixas; as mais próximas aos "poços" correspondem aos fragmentos maiores e as mais próximas à outra extremidade do gel correspondem aos fragmentos menores. O resultado tem aspecto semelhante ao de um código de barras – é o que chamamos de perfil genético da pessoa, ou seu **DNA *fingerprint*** (termo em inglês que pode ser traduzido como impressão digital). Cada traço ou "banda" é composto por vários segmentos de DNA de mesmo tamanho (**Fig. 3.15 B**).



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

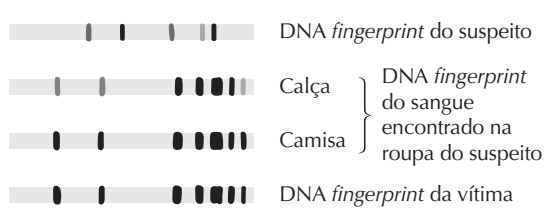
Figura 3.15 Representação esquemática do processo de eletroforese. (**A**) Aplicação das amostras com moléculas de DNA de diferentes pessoas nos "poços". (**B**) Separação das moléculas de DNA por tamanho na placa de gel, formando o perfil genético da pessoa ou o seu DNA *fingerprint*.

Essa técnica tem sido aplicada na área da Biologia Forense como mais uma das fontes de dados que podem ajudar a elucidar crimes ou a esclarecer casos de paternidade.

Observe as figuras a seguir. Elas mostram aplicações práticas do DNA *fingerprint* na Biologia Forense.

Caso 1: assassinato

Foi feito o DNA *fingerprint* da vítima, de um suspeito e do sangue encontrado em suas roupas. Note, na **Figura 3.16**, que o padrão de bandas da amostra do sangue encontrado nas roupas do suspeito coincide com o da vítima. Isso indica que ele teve contato com o sangue dela.



Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Figura 3.16 Padrões de bandas resultantes de eletroforese de fragmentos de DNA apresentados em amostras analisadas na investigação de um caso de assassinato.

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Fique por dentro

Detetives do DNA
MEYER, A. Record, 2008.

O livro mostra como o conhecimento e o estudo sobre o DNA podem esclarecer diversos eventos históricos, desde a morte de membros da realeza até epidemias que atingiram e mataram milhares de pessoas no mundo.

Sangue raro é defeito genético
JUNIOR, F. *Jornal da USP*, jul. 2017.

O *site* explica uma deficiência na formação do grupo sanguíneo do indivíduo, denominado fenótipo Bombaim.

Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/sangue-raro-e-defeito-genetico/>. Acesso em: 4 set. 2020.

Caso 2: estupro

Foi feito o DNA *fingerprint* de três suspeitos, da vítima e do sêmen encontrado em sua vagina. Observe, na **Figura 3.17**, que o padrão de bandas do suspeito 1 coincide com o da amostra do sêmen encontrado, confirmando que ele teve relações sexuais com a vítima e, portanto, pode ser o culpado pelo estupro.

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Figura 3.17 Padrões de bandas resultantes de eletroforese de fragmentos de DNA apresentados em amostras analisadas na investigação de um caso de estupro.

Caso 3: paternidade

Foi feito DNA *fingerprint* da mãe, do bebê e de dois possíveis pais. Na **Figura 3.18**, podemos comparar os padrões de banda da mãe e do bebê com os dos possíveis pais. O bebê deve ter herdado 50% do padrão de banda da mãe e 50% do pai, que, nesse caso, é o homem identificado como "Pai 2".

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Figura 3.18 Padrões de bandas resultantes de eletroforese de fragmentos de DNA apresentados em amostras analisadas no esclarecimento da paternidade.

Atividades

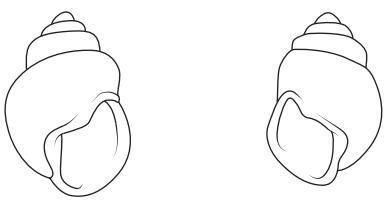
Registre em seu caderno

1. Ao realizar seus experimentos com ervilhas, Mendel cruzou plantas puras para sementes amarelas e verdes, obtendo, em F_1, 100% de sementes amarelas. Em F_2, obteve 75% de sementes amarelas e 25% de sementes verdes. Podemos concluir, portanto, que em F_1 temos indivíduos

a) homozigóticos dominantes.
b) homozigóticos recessivos.
c) heterozigóticos.
d) puros dominantes.
e) puros recessivos.

2. Considere o cruzamento entre duas linhagens de ervilhas, uma de sementes amarelas e lisas (**VvRr**) e outra de sementes amarelas e rugosas (**Vvrr**). Construa um quadro de Punnett mostrando os genótipos e fenótipos dos descendentes.

3. (Unicamp-SP) Para um determinado caráter, fenótipo é o conjunto de características que o organismo exibe como fruto de seu genótipo. No entanto, no molusco hermafrodita *Lymnaea peregra*, ocorre algo diferente. Neste animal, há dois tipos de fenótipo da concha (ver figura a seguir), que não são determinados pelo genótipo do próprio indivíduo. A prole formada pela fertilização de óvulos vindos de um parental com genótipos **AA** ou **Aa** tem conchas dextrógiras; já a prole formada pela fertilização de óvulos vindos de um parental **aa** tem conchas levógiras.



Concha dextrógira Concha levógira

Se óvulos de um molusco **Aa** forem fertilizados por espermatozoides de um molusco **aa**, as probabilidades de ocorrência de indivíduos **Aa** dextrógiros,

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Aa levógiros, **aa** dextrógiros e **aa** levógiros na prole resultante são, respectivamente,

a) $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{4}$.

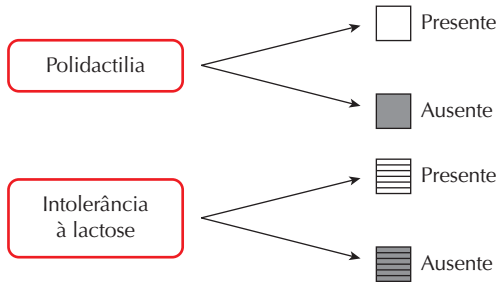
b) $\frac{1}{2}$, 0, 0 e $\frac{1}{2}$.

c) $\frac{1}{2}$, 0, $\frac{1}{2}$ e 0.

d) 1, 0, 0 e 0.

4. O uso de genealogias nos casos de herança de dois caracteres com segregação independente segue os mesmos critérios empregados nos casos que envolvem a primeira lei de Mendel. Somente a representação gráfica dos símbolos é que muda: em cada símbolo representam-se as duas características.

Veja o exemplo a seguir para polidactilia e intolerância à lactose.



Assim, um homem com polidactilia e intolerância à lactose seria representado da seguinte forma.

Um casal, em que os dois indivíduos apresentam polidactilia e intolerância à lactose, teve quatro filhos, sendo 2 meninos e 2 meninas. Um dos meninos e uma das meninas são tolerantes à lactose e não apresentam polidactilia. Os outros dois filhos têm o mesmo fenótipo dos pais.

a) Construa um heredograma representando a família.

b) Por que é possível afirmar que a polidactilia e a intolerância à lactose são fenótipos dominantes? Escreva os possíveis genótipos dos pais e dos quatro filhos (use **P** e **p** para a polidactilia e **L** e **l** para a intolerância à lactose).

5. (Enem) Além do teste de DNA, há exames mais simples que podem ajudar a esclarecer dúvidas sobre paternidade. Por exemplo, o teste de tipagem sanguínea do sistema ABO permite determinar quem não pode ser o pai. Indique a alternativa que apresenta uma situação em que esse exame assegura a exclusão da paternidade:

a) O filho é do tipo O, a mãe do tipo O e o suposto pai do tipo A.

b) O filho é do tipo AB, a mãe do tipo AB e o suposto pai do tipo O.

c) O filho é do tipo AB, a mãe do tipo A e o suposto pai do tipo B.

d) O filho é do tipo B, a mãe do tipo B e o suposto pai do tipo O.

e) O filho é do tipo A, a mãe do tipo A e o suposto pai do tipo B.

6. (Enem) Em um hospital havia cinco lotes de bolsas de sangue, rotulados com os códigos I, II, III, IV e V. Cada lote continha apenas um tipo sanguíneo não identificado. Uma funcionária do hospital resolveu fazer a identificação utilizando dois tipos de soro, anti-A e anti-B. Os resultados obtidos estão descritos no quadro. Quantos litros de sangue eram do grupo sanguíneo do tipo A?

Código dos lotes	Volume de sangue (L)	Soro anti-A	Soro anti-B
I	22	Não aglutinou	Aglutinou
II	25	Aglutinou	Não aglutinou
III	30	Aglutinou	Aglutinou
IV	15	Não aglutinou	Não aglutinou
V	33	Não aglutinou	Aglutinou

a) 15 **b)** 25 **c)** 30 **d)** 33 **e)** 55

7. (Unesp-SP) No romance *Dom Casmurro*, de Machado de Assis, Bentinho vive uma incerteza: Ezequiel, seu filho com Capitu, é mesmo seu filho biológico ou Capitu teria cometido adultério com Escobar?

O drama de Bentinho começa quando, no velório de Escobar, momentos houve em que os olhos de Capitu fitaram o defunto, quais os da viúva. Escobar havia sido o melhor amigo de Bentinho e fora casado com Sancha, com quem tivera uma filha.

Suponha que, à época, fosse possível investigar a paternidade usando os tipos sanguíneos dos envolvidos. O resultado dos exames revelou que Bentinho era de sangue tipo O Rh^-, Capitu era de tipo AB Rh^+ e Ezequiel era do tipo A Rh^-. Como Escobar já havia falecido, foi feita a tipagem sanguínea de sua mulher, Sancha, que era do tipo B Rh^+, e da filha de ambos, que era do tipo AB Rh^-.

Com relação à identificação do pai biológico de Ezequiel, a partir dos dados da tipagem sanguínea, é correto afirmar que:

a) permaneceria a dúvida, pois os tipos sanguíneos de Sancha e de sua filha indicam que Escobar ou tinha sangue tipo O Rh^+, e nesse caso ele, mas não Bentinho, poderia ser o pai, ou tinha sangue tipo AB Rh^-, o que excluiria a possibilidade de Escobar ser o pai de Ezequiel.

b) permaneceria a dúvida, pois os tipos sanguíneos dos envolvidos não permitem excluir a possibilidade de Bentinho ser o pai de Ezequiel, assim como não permitem excluir a possibilidade de Escobar o ser.

c) permaneceria a dúvida, pois, no que se refere ao sistema ABO, os resultados excluem a possibilidade de Escobar ser o pai e indicam que Bentinho poderia ser o pai de Ezequiel; mas, no que se refere ao sistema Rh, os resultados excluem a possibilidade de Bentinho ser o pai e indicam que Escobar poderia sê-lo.

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

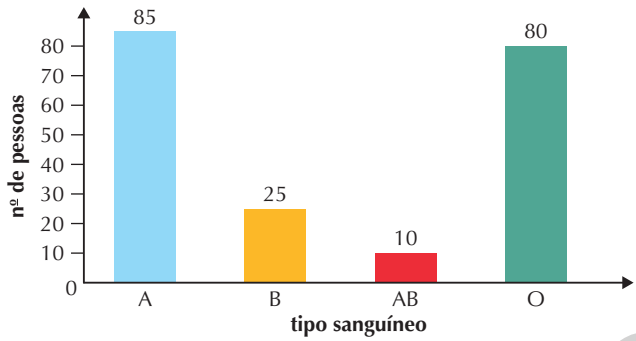
MODERNA

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

d) seria esclarecida a dúvida, pois, tanto no sistema AB0 quanto no sistema Rh, os resultados excluem a possibilidade de Bentinho, mas não de Escobar, ser o pai de Ezequiel.

e) seria esclarecida a dúvida, pois os tipos sanguíneos de Ezequiel e da filha de Sancha indicam que eles não poderiam ser filhos de um mesmo pai, o que excluiria a possibilidade de Escobar ser o pai de Ezequiel.

8. (PUC-SP) Na figura abaixo é mostrado o número de diferentes tipos sanguíneos do sistema ABO, em 200 pessoas analisadas:



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Após a análise dos dados, pode-se afirmar que as hemácias de APENAS

a) 90 dessas pessoas poderiam ser doadas para um receptor portador de aglutinogênios A e B.

b) 25 dessas pessoas poderiam ser doadas para um receptor portador de aglutinina anti-A

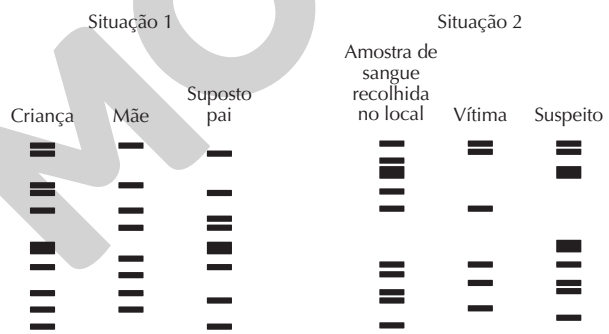
c) 85 dessas pessoas poderiam ser doadas para um receptor portador de aglutinogênio A.

d) 80 dessas pessoas poderiam ser doadas para um receptor portador de aglutininas anti-A e anti-B.

9. (Unifesp-SP) As figuras representam os resultados de dois exames de DNA em que as amostras de DNA dos envolvidos são fragmentadas com enzimas específicas e submetidas à eletroforese, gerando um padrão de faixas ou "bandas".

A situação 1 refere-se a um caso de investigação de paternidade: o suposto pai deseja saber se a criança é, de fato, seu filho biológico.

A situação 2 refere-se a uma investigação criminal: na cena do crime foram encontradas manchas de sangue e o delegado precisa saber se o sangue é da vítima, de um indivíduo apontado como suspeito de ser o criminoso ou de uma terceira pessoa não identificada até o momento.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

A partir da análise dos resultados, responda:

a) A criança é filho biológico do suposto pai? Justifique sua resposta.

b) A amostra de sangue recolhida no local do crime é da vítima, do suspeito ou de uma terceira pessoa não identificada? Justifique 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.

MODERNA

TEMA 4

Quantidade de movimento e impulso

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 6; 7; 9
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT306

A Ciência Forense é uma área interdisciplinar que envolve Física, Biologia, Química, Matemática e várias outras áreas do conhecimento. Em investigações de crimes, o foco principal do profissional forense é confirmar a autoria ou descartar o envolvimento de suspeitos. Os cientistas forenses, assim como outros cientistas, criam hipóteses para tentar de algum modo descrever as ações que levaram a determinado acontecimento.

No caso de acidentes de trânsito, esses profissionais podem, com base na análise dos danos nos carros, usar conceitos físicos como quantidade de movimento e impulso para conseguir determinar a velocidade dos carros antes de um acidente. Assim, pode-se concluir, por exemplo, se determinado veículo estava ou não acima da velocidade permitida.

Neste Tema, vamos estudar grandezas físicas como quantidade de movimento e impulso e como elas podem ser usadas para o estudo de choques mecânicos.

Quantidade de movimento

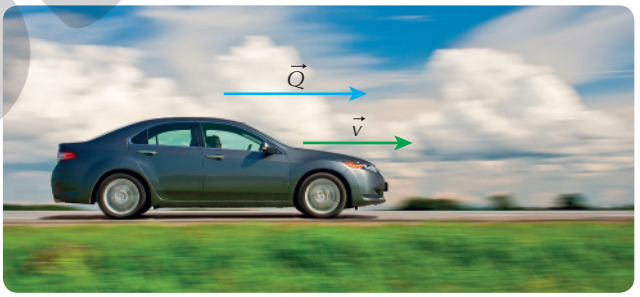
Imagine que, para testar a segurança de veículos, um carro (**Fig. 4.1 A**) colide com um obstáculo a 60 km h^{-1}, assim como um caminhão (**Fig. 4.1 B**) também colide com o obstáculo a 60 km h^{-1}. Considere que as colisões duram o mesmo tempo e que os dois veículos param após a colisão.

Como a massa do caminhão é maior do que a massa do carro, durante a colisão o obstáculo aplicará no caminhão uma força maior, mesmo que as velocidades sejam iguais. Para analisar situações como essas, em Física, usamos os conceitos de **impulso** e **quantidade de movimento**. Nesse exemplo, dizemos que o impulso aplicado no caminhão é maior. E também que a quantidade de movimento do caminhão é maior, em razão de sua massa. Entretanto, se compararmos colisões em que a velocidade final é nula, com as mesmas condições, no mesmo intervalo de tempo, mas entre carros do mesmo modelo com velocidades diferentes, dizemos que o impulso que deverá ser aplicado no carro com maior velocidade é maior, uma vez que ele possui maior quantidade de movimento. Dessa forma, definimos a **quantidade de movimento** de um corpo $(\vec{Q})$, ou **momento linear** de um corpo, como o produto da massa do corpo pela velocidade.

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

A quantidade de movimento tem a mesma direção e o mesmo sentido da velocidade, com módulo dado por $Q = mv$. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida da quantidade de movimento é kg m s^{-1}.

Considere, por exemplo, o carro da **Figura 4.2**, que possui massa de 900 kg e que se movimenta com velocidade de 20 m s^{-1}. Qual é o módulo da sua quantidade de movimento?



MAKSIM TOOME/SHUTTERSTOCK

Figura 4.2 A quantidade de movimento, ou momento linear, é uma grandeza vetorial que tem direção e sentido iguais aos da velocidade.

CONRADO/SHUTTERSTOCK

AB VOLVO 2020

Figura 4.1 Para avaliar a segurança dos veículos, testes de colisão são feitos tanto em carros **(A)** como em caminhões **(B)**.

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

EM MODERNA

Para calcular o módulo da quantidade de movimento, basta substituirmos os valores da massa e da velocidade na equação; portanto, temos:

$Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 900\ \text{kg} \cdot 20\ \text{m s}^{-1}$

$\therefore\ Q = 18.000\ \text{kg m s}^{-1}$

Impulso de uma força

Voltando ao exemplo da colisão entre um carro e um obstáculo, antes da colisão o carro possui certa quantidade de movimento, que é alterada quando há a colisão, ou seja, houve uma variação da quantidade de movimento (**Fig. 4.3**). Dizemos que a quantidade de movimento de um corpo varia toda vez que ele sofre alguma alteração, seja em módulo, seja em direção.

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 4.3 Representação esquemática de um veículo antes e depois da colisão com um obstáculo.

Esse processo ocorre porque uma **força** foi aplicada durante um intervalo de tempo.

O produto da resultante das forças que atuam sobre um corpo no intervalo de tempo Δt durante o qual essa força age se chama **impulso** $\left(\vec{I}\right)$, que pode ser calculado como:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

O impulso é uma grandeza vetorial que mede a **variação da quantidade de movimento** $\Delta\vec{Q}$ de um objeto. O impulso é causado pela ação de uma força durante determinado intervalo de tempo. No caso de uma força de intensidade variável, podemos considerar que uma força média age sobre o corpo, ou seja, uma força constante que produz o mesmo impulso de uma força variável no mesmo intervalo de tempo Δt.

O impulso $\vec{I}$ tem a mesma direção e o mesmo sentido da força $\vec{F}$. No SI, a unidade de medida do impulso é o N s, que é equivalente a kg m s^{-1}, já que 1 N = 1 kg m s^{-2}.

De acordo com a segunda lei de Newton, se uma força $\vec{F}$ é aplicada a um corpo de massa m, o corpo vai adquirir uma aceleração $\vec{a}$ tal que:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

Sendo $\Delta\vec{v} = \vec{v}_{\text{final}} - \vec{v}_{\text{inicial}}$, a expressão anterior pode ser escrita como:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\left(\vec{v}_{\text{final}} - \vec{v}_{\text{inicial}}\right)}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \left(\vec{v}_{\text{final}} - \vec{v}_{\text{inicial}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \vec{v}_{\text{final}} - m \cdot \vec{v}_{\text{inicial}}$$

Como $\vec{F} \cdot \Delta t$ é o impulso $\vec{I}$, temos:

$$\vec{I} = m \cdot \vec{v}_{\text{final}} - m \cdot \vec{v}_{\text{inicial}} \Rightarrow \vec{I} = \vec{Q}_{\text{final}} - \vec{Q}_{\text{inicial}}$$

Portanto:

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q}$$

A equação obtida também pode ser aplicada na forma escalar, para obter o módulo do impulso:

$$I = \Delta Q$$

Com base no resultado obtido, podemos definir o **teorema do impulso**:

O impulso da resultante das forças $\left(\vec{F}_R\right)$ que age sobre um corpo em certo intervalo de tempo é igual à variação da quantidade de movimento do corpo nesse mesmo intervalo de tempo.

Vejamos um exemplo no qual um carro de 1.000 kg está trafegando em uma estrada e freia bruscamente, deixando marcas no asfalto (**Fig. 4.4**), antes de colidir com outro veículo que estava em repouso. Analisando as marcas deixadas no asfalto, um técnico forense avaliou que, durante a frenagem, uma força média de 500 N foi aplicada no carro durante um intervalo de tempo de 2 s.

MADSCI//ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Figura 4.4 As marcas de pneu sobre o asfalto podem ser analisadas para obter informações sobre a velocidade do veículo.

Considerando que esse impulso foi aplicado no sentido oposto ao da velocidade inicial e sabendo que a velocidade final após a frenagem foi de 10 m s^{-1}, qual era a velocidade do veículo antes da frenagem?

Durante a frenagem, o impulso aplicado teve como módulo:

$$I = F \cdot \Delta t \Rightarrow I = 500\ \text{N} \cdot 2\ \text{s} \therefore I = 1.000\ \text{N s}$$

O impulso corresponde à variação da quantidade de movimento. Como foi aplicado no sentido oposto ao da velocidade, temos:

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

MODERNA

$I = \Delta Q \Rightarrow -1.000\ \text{N s} = m \cdot v_{final} - m \cdot v_{inicial} \Rightarrow$

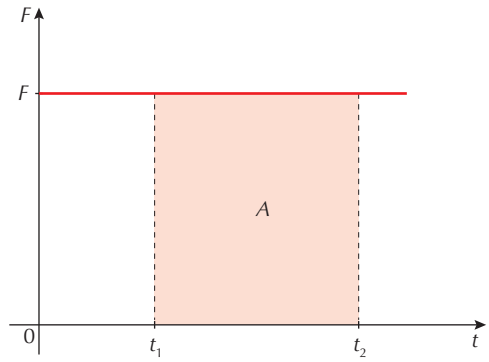
$\Rightarrow -1.000\ \text{N s} = 1.000\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m s}^{-1} - 1.000\ \text{kg} \cdot v_0$

$\therefore v_0 = 11\ \text{m s}^{-1}$

No caso de a força variar no tempo, o módulo do impulso de uma força $\vec{F}$ aplicada em um intervalo de tempo Δt pode ser obtida pela área formada pela curva de um gráfico da intensidade da força em função do tempo (**Fig. 4.5**).

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 4.5 Gráfico da intensidade da força em função do tempo



A área (A) do retângulo formado é dada por:

$A = \text{altura} \cdot \text{base} \Rightarrow A = F \cdot (t_2 - t_1) \Rightarrow A = F \cdot \Delta t$

Portanto, a área do retângulo é numericamente igual $\left(\overset{N}{=}\right)$ ao módulo do impulso da força $\vec{F}$ no intervalo de tempo Δt.

$$I \overset{N}{=} A$$

Conservação da quantidade de movimento

Retomando a situação abordada anteriormente, na qual um técnico forense analisa a velocidade dos carros durante uma colisão, é muito importante considerar que grandezas são **conservadas**, isto é, mantêm o seu valor fixo durante a colisão. Em uma colisão entre veículos, a energia mecânica não é totalmente conservada, já que parte dela é utilizada na deformação da lataria e parte é dissipada como calor. No sentido de buscar uma grandeza que se conserva durante uma colisão, vamos fazer o cálculo a seguir, em que a colisão é considerada um sistema isolado, isto é, um sistema no qual o impulso total das forças externas é zero.

Pelo teorema do impulso, temos:

$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow \vec{I} = \vec{Q}_{final} - \vec{Q}_{inicial} \Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{F}_R \cdot \Delta t = \vec{Q}_{final} - \vec{Q}_{inicial}$

Em um sistema isolado de forças externas, a resultante dessas forças será zero. Logo, o impulso resultante também será zero.

$\vec{0} = \vec{Q}_{final} - \vec{Q}_{inicial} \therefore \vec{Q}_{inicial} = \vec{Q}_{final}$

Essa expressão representa o **princípio da conservação da quantidade de movimento**, que pode ser enunciado da seguinte maneira:

Em um sistema de corpos isolado de forças externas, a quantidade de movimento total desse sistema sempre se conserva.

Voltando ao exemplo em que um carro de 1.000 kg com velocidade 10 m s^{-1} colide com outro veículo, considere que esse veículo com o qual ele colidiu tenha massa de 1.500 kg e estava parado antes da colisão. Após a colisão, eles saíram engatados (juntos). Qual era a velocidade deles?

A velocidade do conjunto formado pelos dois carros após a colisão pode ser calculada como:

$Q_{inicial} = Q_{final} \Rightarrow 1.000\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m s}^{-1} = 1.500\ \text{kg} \cdot v_{final}$

$\therefore v_{final} = 6{,}7\ \text{m s}^{-1}$

Esse exemplo nos mostra que podemos usar a conservação da quantidade de movimento para determinar a relação entre a velocidade de dois corpos após uma colisão.

Colisões elásticas e inelásticas

É muito comum ouvirmos comentários afirmando que os carros antigos eram mais "fortes". Por exemplo, o para-choque dos carros antigamente (**Fig. 4.6 A**) era construído totalmente de metal. Portanto, em colisões de baixa velocidade, um para-choque como esse sofria pequenos danos; hoje em dia, os para-choques que equipam os carros se deformam com maior facilidade (**Fig. 4.6 B**). Mas um para-choque mais forte é o melhor para o motorista e para os passageiros caso haja uma colisão?

ERMESS/SHUTTERSTOCK

DARTHART/ISTOCK EDITORIAL/ GETTY IMAGES

Figura 4.6 (A) Antigamente, os carros possuíam para-choques feitos de metal. **(B)** Atualmente, a maioria dos carros possui para-choques feitos de plástico.

A segurança do motorista e dos passageiros é muito mais importante do que a preservação de uma peça do veículo, pois, caso haja uma colisão, é fundamental que a força aplicada nos passageiros seja a menor possível. Nesta seção, veremos que essa força aplicada está relacionada com o impulso durante a colisão; além disso, estudaremos os tipos de colisão e a diferença entre eles.

Colisões são interações em que dois ou mais corpos exercem força um sobre os outros em um curto intervalo de tempo; por exemplo, as colisões das bolas em um jogo de bilhar, as colisões entre veículos em um acidente, entre outras situações.

As colisões podem ser classificadas por um valor adimensional conhecido como **coeficiente de restituição** (e), que pode ser definido de acordo com a velocidade relativa

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

MODERNA

de afastamento e de aproximação entre os corpos, como os carros mostrados na **Figura 4.7**.

$$e = \frac{\text{velocidade relativa de afastamento}}{\text{velocidade relativa de aproximação}}$$

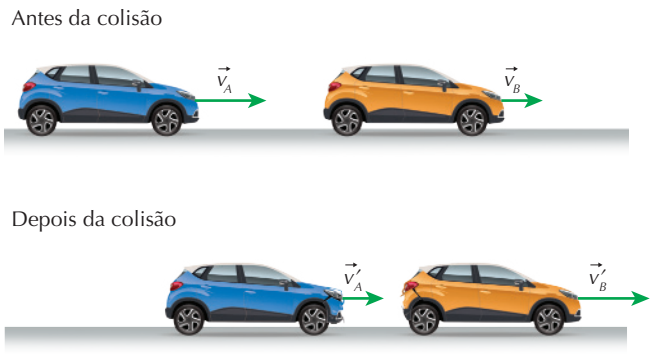


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 4.7 Representação da colisão de dois veículos. Antes da colisão, os carros se aproximam; após a colisão, eles se afastam.

Se os carros se afastam, a velocidade relativa é dada pela subtração dos valores da velocidade. Se os carros se aproximam, a velocidade relativa é dada pela soma desses valores. Portanto, a expressão anterior fica:

$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$$

- Se $e = 1$, a colisão é **perfeitamente elástica**, ou seja, a velocidade relativa de afastamento é igual à velocidade de aproximação.
- Se $e = 0$, a colisão é **perfeitamente inelástica**, ou seja, a velocidade relativa de afastamento é nula.
- Se $0 < e < 1$, a colisão é **parcialmente elástica**, ou seja, a velocidade relativa de afastamento é menor que a velocidade de aproximação.

Consideremos uma situação na qual dois veículos com massas iguais colidem. Um deles está inicialmente parado (carro *A*) e o outro (carro *B*) se aproximando com velocidade *v*. Comparemos as velocidades finais dos veículos (v') e as energias dissipadas nos casos de colisão inelástica e colisão elástica.

Para uma colisão inelástica:

$$Q_{\text{inicial}} = Q_{\text{final}} \Rightarrow m \cdot v = 2m \cdot v' \therefore v' = \frac{v}{2}$$

Para uma colisão elástica, temos:

$$e = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} \Rightarrow 1 = \frac{v'_B - v'_A}{v} \Rightarrow v'_B - v'_A = v$$

Pela conservação da quantidade de movimento:

$$Q_{\text{inicial}} = Q_{\text{final}} \Rightarrow m \cdot v = m \cdot v'_A + m \cdot v'_B$$

Resolvendo o sistema, temos:

$$v'_A = 0 \text{ e } v'_B = v$$

Observe que, no caso da colisão inelástica, a variação da velocidade é menor; logo, o impacto no motorista e nos passageiros desse carro será menor.

Como, na colisão inelástica, parte da energia é utilizada para deformar os corpos e essa energia não é restituída, nessa colisão a energia dissipada é sempre maior.

Essa forma de colisão gera um impulso (impacto) menor, causando danos menores a quem estiver dentro do carro. Por isso, para-choques que se deformam permanentemente (como os de plástico) são mais seguros que os para-choques muito rígidos (como os de metal), pois, como os de plástico absorvem maior energia ao se deformarem, o saldo de energia que manterá o movimento ou será transmitido aos ocupantes do veículo é menor.

Prática investigativa

Protegendo o passageiro

Antes de iniciar a atividade, reúna-se em grupo, leia todo o procedimento e consulte o infográfico Segurança no laboratório no início deste Volume.

Ao projetar um veículo, engenheiros não consideram somente a beleza exterior ou a velocidade máxima que ele atingirá. Uma das mais importantes características que um veículo deve ter é a segurança. Por exemplo, a cabine é projetada para, quando houver um acidente, como uma colisão, proteger os passageiros. Desse modo, um passo essencial para a construção de um veículo é desenvolver um projeto em que a cabine ofereça máxima segurança aos passageiros. Nessa prática investigativa, vamos projetar a cabine de um veículo que sofrerá uma queda. Dentro desse veículo haverá um "passageiro", que será escolhido pela turma. Pode ser uma casca de ovo com água dentro ou um salgadinho fino, frágil o suficiente para que quebre ao cair em condições normais.

Objetivo

Projetar um veículo que sofrerá uma queda, escolhendo os materiais e o *design* mais adequados para que o "passageiro" sofra o menor dano possível.

Continua

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

MODERNA

Cuidados

Segurança

- Manusear a tesoura com atenção para evitar ferimentos. É recomendável que o professor seja o responsável por fazer os cortes com a tesoura para construir a cabine.

Descarte

- As aparas de linha, barbante e fita adesiva devem ser descartadas no lixo comum. O restante do material pode ser limpo e guardado para futuro reaproveitamento.

Material

- Cartolina, papelão, rolos vazios de papel higiênico
- Recipientes plásticos vazios de manteiga ou maionese
- Canudos de papel e esponja
- Linha de costura ou barbante
- Cola e fita adesiva
- Tesoura sem ponta
- Câmera ou celular que permita gravar vídeos
- Computador para análise do movimento por meio de uma planilha eletrônica
- Trena ou fita métrica

Prepare-se!

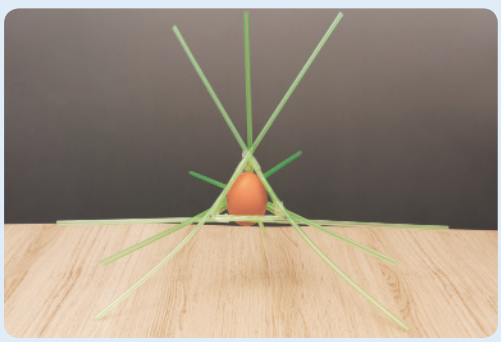
Como podemos caracterizar uma colisão? O que é o coeficiente de restituição? Qual é a diferença entre a colisão elástica e a inelástica?

Procedimento

Retome com os estudantes a fórmula da densidade: $d = \frac{m}{V}$

- Preparem o "passageiro" que sofrerá a queda dentro da cabine. Caso utilizem um ovo, retirem a gema e a clara fazendo um furinho na casca. Preencham o ovo com água e fechem o furinho com fita adesiva. Se tiverem uma balança, meçam a massa do ovo preenchido com água. Caso não a tenham, estimem a massa do ovo considerando que cada mL de água possui 1 g de massa.
- Construa a cabine do veículo para proteger o "passageiro" escolhido. Ela pode ser feita de cartolina, papelão, rolos vazios de papel higiênico, recipientes vazios de manteiga ou maionese, canudos de papel e fita adesiva. O "passageiro", depois de preso dentro do veículo, deve permanecer visível. Nas figuras na parte inferior desta página, são dadas algumas sugestões de cabines.
- Marquem em uma parede a altura de 1 m e façam subdivisões de 5 cm em 5 cm. Essas marcas devem ser visíveis no vídeo que será gravado.
- Nas configurações do aplicativo da câmera ou do celular, selecionem a opção câmera lenta, confiram a taxa de gravação em fps (*frames per second*, em inglês; ou quadros por segundo, em português) e anotem o seu valor. Esses valores costumam variar de 30 fps a 60 fps ou mais na opção de câmera lenta.
- Soltem o veículo com o "passageiro" preso em seu interior a partir da altura de 1 m, alinhado com a marcação feita na parede, e registrem a queda em vídeo (com a maior taxa fps permitida pelo aplicativo) e sem mover a câmera ou o celular durante a gravação.
- Após a queda, fotografem o "passageiro" e a cabine e registrem o estado deles. Anotem observações relativas a quebras, rachaduras etc.
- Transfiram o vídeo para o computador e abram-no usando o programa *Tracker*, que pode ser baixado gratuitamente no *site* da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html> (acesso em: 7 set. 2020).
- No programa, definam a distância de referência, nesse caso 1 m, e a origem do sistema de coordenadas.
- Indiquem, clicando na tela, quadro a quadro, as posições do passageiro durante a queda. O programa fornecerá, baseado na referência de distância dada, as coordenadas a cada quadro.

FOTOS: JUNIOR ROZZO



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

EDITORIA

Continua

- Copiem os valores das ordenadas (y) e colem-nos em uma planilha eletrônica. O programa poderá fornecer os valores de tempo, mas possivelmente eles estarão alterados devido à câmera lenta.
- Na planilha, façam uma coluna no lado esquerdo da coluna em que estão as ordenadas (y) para completarmos com os valores de tempo. Na primeira linha, coloquem o valor zero e, na linha seguinte, acrescentem 1/(fps) s. Por exemplo, se o vídeo foi gravado a 60 quadros por segundo, na linha seguinte acrescentem 1/60 s. Nas linhas seguintes, este valor deve ser multiplicado por 2, 3, 4... até o número final de linhas da coluna y.
- Façam um gráfico de dispersão, na planilha eletrônica, da ordenada (y) em função do tempo.
- Na planilha eletrônica, ajustem uma "linha de tendência" aos pontos do gráfico, escolhendo o modo polinômio de grau 2. Anotem a equação fornecida.
- Por fim, com base nos dados da planilha, calculem a velocidade máxima antes de o veículo tocar no solo e a velocidade com que ele se afastou do solo caso o retorno tenha ocorrido.

Discuta com seus colegas

1. Com a equação obtida pela linha de tendência, é possível determinar o valor da aceleração de queda. Determinem-no e comparem-no com o valor da aceleração da gravidade. Justifique possíveis divergências.
2. A velocidade final da queda pode ser calculada utilizando o valor da aceleração obtido no item 1 e o tempo obtido na tabela, assim como utilizando valores da altura antes da colisão. Calculem a velocidade usando esses dois métodos e comparem os resultados.
3. Classifiquem a colisão como elástica, inelástica ou parcialmente elástica.
4. Calculem o módulo da quantidade de movimento anterior à colisão e, caso o seu passageiro tenha retornado do solo ("quicado") após a primeira colisão, calculem o módulo da quantidade de movimento após a colisão. Calculem também o módulo do impulso.
5. Comparem as diversas colisões analisando a deformação permanente do veículo, o coeficiente de restituição e a quantidade total de danos ao passageiro. Procurem estabelecer uma relação entre essas características.
6. O aparato experimental montado foi adequado para as medições realizadas? Se não, o que sugerem para melhorar o experimento?
7. Façam um resumo dos seus resultados e comparem suas conclusões com as dos outros grupos, seguindo a orientação do professor.

Por fim, as colisões também podem ser classificadas de acordo com a direção das forças de impacto e a velocidade que os corpos adquirem após a colisão.

- Colisão frontal: quando a linha de movimento dos corpos, antes e depois da colisão, é a mesma (**Fig. 4.8**).

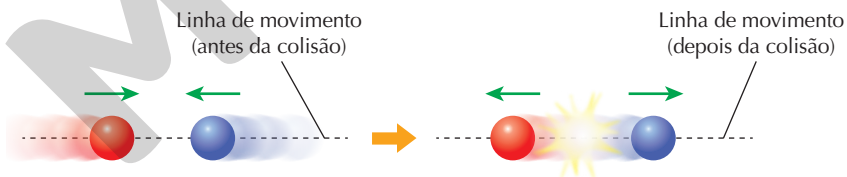


Figura 4.8 Representação esquemática de uma colisão frontal.

- Colisão oblíqua: quando a linha de movimento dos corpos, antes e depois da colisão, é diferente (**Fig. 4.9**).

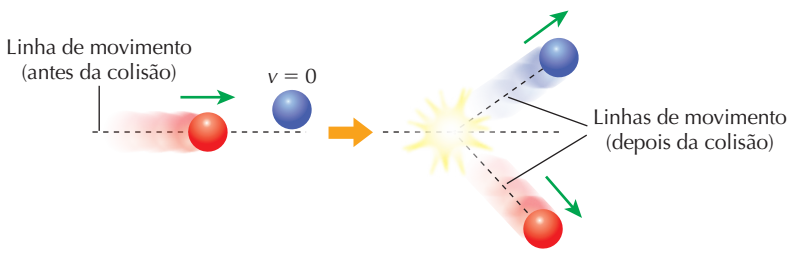


Figura 4.9 Representação esquemática de uma colisão oblíqua.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Fique por dentro

Mecânica – Impulso e quantidade de movimento

Nesse *site* você encontrará vídeos, textos e atividades para aprofundar seus conhecimentos sobre impulso e quantidade de movimento.

Disponível em: <http://hotsite.tvescola.org.br/percursos/fisica/mecanica/impulso-e-quantidade-de-movimento/>.

Acesso em: 7 set. 2020.

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

MODERNA

Atividades

Registre em seu caderno

1. Um carro com massa de 1 t parte do repouso com uma aceleração de 3 m s^{-2}. Qual será o módulo da quantidade de movimento desse carro após 10 s?

2. Uma força constante de 20 N é aplicada sobre um bloco que possui 5 kg de massa durante 5 s. Qual é o módulo do impulso que age sobre esse bloco?

3. O esquema a seguir mostra um bloco que se move do ponto *A* ao ponto *B* em 15 s. Sabendo que $F_1 = 10$ N e $F_2 = -4$ N, qual foi o módulo do impulso resultante durante o trajeto de *A* para *B*?

4. Um peixe de 8 kg se desloca horizontalmente para a direita com velocidade de 0,5 m s^{-1}. No trajeto, ele engole outro peixe, de 0,2 kg, que se deslocava em sentido contrário com uma velocidade de 1 m s^{-1}. Qual é a velocidade do peixe maior logo após engolir o peixe menor?

5. Duas bolas de bilhar colidem com velocidades de 8 m s^{-1} e 6 m s^{-1}, como mostra a figura a seguir. Qual será a velocidade das bolas logo após a colisão, se a massa de cada bola é 0,15 kg e o coeficiente de restituição *e* é igual a 0,5?

6. Uma máquina lançadora de bolas de tênis, usada no treinamento dos jogadores, lança bolas com massa de 58 g a 28 m s^{-1}. Se a máquina tem 25 kg de massa, qual é a sua velocidade de recuo ao arremessar uma bola? Considere que, no início, o sistema está em repouso.

7. Duas esferas de massa *m* e 2*m* colidem com velocidade de 5 m s^{-1} e −3 m s^{-1}, respectivamente. Sabendo que a colisão é perfeitamente elástica, determine a velocidade das esferas imediatamente após a colisão.

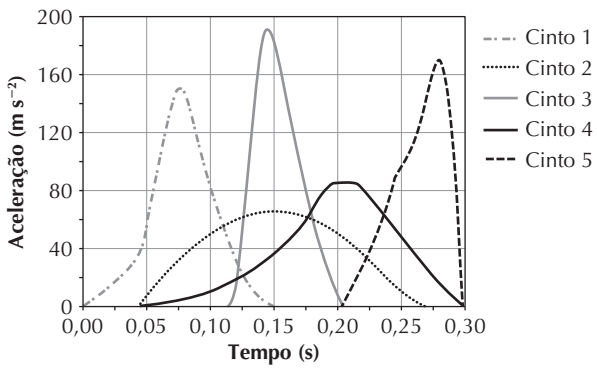
8. (Espcex-SP) Um canhão, inicialmente em repouso, de massa 600 kg, dispara um projétil de massa 3 kg com velocidade horizontal de 800 m s^{-1}. Desprezando todos os atritos, podemos afirmar que a velocidade de recuo do canhão é de:

a) 2 m s^{-1} c) 6 m s^{-1} e) 12 m s^{-1}
b) 4 m s^{-1} d) 8 m s^{-1}

9. (Fuvest-SP) Um trabalhador de massa *m* está em pé, em repouso, sobre uma plataforma de massa *M*. O conjunto se move, sem atrito, sobre trilhos horizontais e retilíneos, com velocidade de módulo constante *v*. Num certo instante, o trabalhador começa a caminhar sobre a plataforma e permanece com velocidade de módulo *v* em relação a ela, e com sentido oposto ao do movimento dela em relação aos trilhos. Nessa situação, o módulo da velocidade da plataforma em relação aos trilhos é:

a) $\frac{(2m + M)v}{(m + M)}$ c) $\frac{(2m + M)v}{m}$ e) $\frac{(m + M)v}{(M - m)}$
b) $\frac{(2m + M)v}{M}$ d) $\frac{(M - m)v}{M}$

10. (Enem) Em uma colisão frontal entre dois automóveis, a força que o cinto de segurança exerce sobre o tórax e abdômen do motorista pode causar lesões graves nos órgãos internos. Pensando na segurança do seu produto, um fabricante de automóveis realizou testes em cinco modelos diferentes de cinto. Os testes simularam uma colisão de 0,30 segundo de duração, e os bonecos que representavam os ocupantes foram equipados com acelerômetros. Esse equipamento registra o módulo da desaceleração do boneco em função do tempo. Os parâmetros como massa dos bonecos, dimensões dos cintos e velocidade imediatamente antes e após o impacto foram os mesmos para todos os testes. O resultado final obtido está no gráfico de aceleração por tempo.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Qual modelo de cinto oferece menor risco de lesão interna ao motorista?

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

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: NELSON MATSUDA

MODERNA

TEMA 5

Óptica geométrica e instrumentos ópticos

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6
Habilidades: EM13CNT301; EM13CNT307

As técnicas empregadas na Ciência forense permitem que seja possível identificar se uma pessoa, por exemplo, esteve ou não na cena de um crime com base em uma simples impressão digital, em um fio de cabelo ou em objetos encontrados no local. Além disso, a Ciência forense também pode analisar a autenticidade de obras de arte e de documentos.

Algumas das técnicas empregadas nessa tarefa exigem o conhecimento de Física, já que muitas delas utilizam instrumentos ópticos, como lupas e microscópios (**Fig. 5.1**), para sua realização. Portanto, neste Tema, compreenderemos os fenômenos luminosos e as leis da reflexão e da refração para, em seguida, analisar o funcionamento de espelhos planos e convexos, lentes esféricas e, por fim, os instrumentos ópticos.

MARKUS SCHOLZ/DPA/ALAMY/FOTOARENA

Figura 5.1 Perito forense analisando um *chip* de computador usando microscópio, no Departamento Estadual de Polícia Criminal (Alemanha, 2018).

Propagação da luz

A **Figura 5.2** mostra um técnico forense usando uma fonte de radiação ultravioleta que atinge um recipiente de vidro onde foi colocada uma substância que torna as impressões digitais brilhantes, permitindo sua observação. A radiação ultravioleta não é classificada como **luz**, uma vez que a luz é definida como uma onda eletromagnética que sensibiliza nosso sistema visual. Mas a sua natureza é igual à da luz, pois também é uma onda eletromagnética, e as leis da óptica também se aplicam à radiação ultravioleta.

US AIR FORCE/MICAIAH ANTHONY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 5.2 Perito forense analisa um recipiente de vidro usando radiação ultravioleta.

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

Na **Figura 5.2**, há elementos básicos que são utilizados em Óptica, como uma fonte e um observador. Nessa situação, a lâmpada de ultravioleta produz a radiação ultravioleta, por isso é chamada de **fonte primária** (produz a própria luz); e o objeto que está sendo analisado é uma **fonte secundária**, pois ele brilha por causa da incidência da radiação ultravioleta proveniente da fonte primária; assim, a fonte secundária devolve a luz que recebe.

Quando uma fonte de luz está muito distante ou tem dimensões desprezíveis em relação ao corpo que é iluminado, ela é chamada de **fonte puntiforme**. Quando suas dimensões não são desprezíveis, a fonte de luz é denominada **fonte extensa**.

Outra interessante característica da luz é o seu distinto comportamento ao atravessar diferentes tipos de material. Observando esse comportamento, ou seja, de o material permitir a passagem de menos luz ou mais luz, podemos classificar os materiais como transparentes (**Fig. 5.3 A**), translúcidos (**Fig. 5.3 B**) ou opacos (**Fig. 5.3 C**).

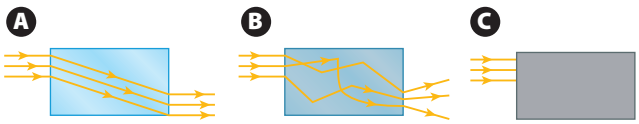


Figura 5.3 **(A)** Quando a luz se propaga em um meio de forma regular e com uma trajetória bem definida, dizemos que o meio é transparente. **(B)** No caso em que a luz se propaga de forma não regular e com uma trajetória desordenada, dizemos que o meio é translúcido. **(C)** E quando a luz não se propaga pelo meio, dizemos que o meio é opaco.

Princípios da Óptica geométrica

Na **Óptica geométrica**, os fenômenos relacionados à propagação da luz podem ser explicados por meio de três princípios básicos, que nos ajudam a compreender melhor algumas observações que fazemos em nosso dia a dia.

O primeiro é o **princípio da propagação retilínea da luz**, que afirma:

A luz se propaga em uma linha reta quando atravessa um meio homogêneo e transparente (**Fig. 5.4**).

COUPERFIELD/SHUTTERSTOCK

Figura 5.4 Perito forense usando um *laser* para determinar trajetórias de fragmentos.

O segundo é o **princípio da independência dos raios de luz**, que diz:

Os raios de luz, ao se intersectarem, não alteram a sua trajetória (**Fig. 5.5**).

OLEKSANDR NAGAIETS/SHUTTERSTOCK

Figura 5.5 Em muitos espetáculos, o princípio da independência dos raios de luz é aplicado para iluminar diferentes partes do palco usando várias fontes de luz.

O terceiro e último é o **princípio da reversibilidade dos raios de luz**, que afirma:

A trajetória percorrida pelos raios de luz não depende do sentido de propagação (**Fig. 5.6**).

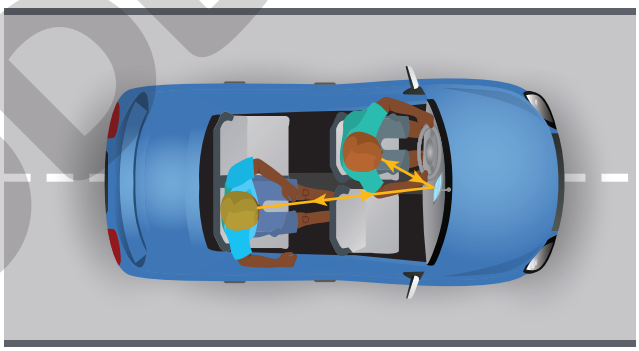


Figura 5.6 Quando sentamos no banco de trás de um carro, podemos ver o motorista, e vice-versa, graças ao princípio da reversibilidade dos raios de luz.

Reflexão em espelhos planos

Além do uso na análise forense, em diversas outras atividades profissionais e em nosso dia a dia utilizamos os chamados **sistemas ópticos**, que fazem parte de um **instrumento óptico**, seja para visualizar ou para registrar uma imagem, seja para ampliar e revelar detalhes não vistos a olho nu.

Esses instrumentos formados por sistemas ópticos, que são constituídos de lentes e/ou espelhos, basicamente funcionam alterando o caminho percorrido pela luz, como fazem, por exemplo, os microscópios, cujos detalhes veremos nas próximas seções.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Vamos aprender como esses diversos sistemas podem alterar o caminho percorrido pela luz e formar imagens, iniciando pelo **espelho plano**.

Um espelho plano é uma superfície refletora, geralmente metálica polida e plana, ou formada por uma lâmina de vidro de faces paralelas, e em uma delas é depositada uma fina camada de metal, geralmente cromo, níquel ou prata, que reflete a luz de forma regular. A outra camada é escura e absorve a luz que vem da parte de trás do espelho impedindo que ela "vaze" pela camada refletora de metal.

Para estudarmos o fenômeno da reflexão, vamos considerar um raio de luz que incide no ponto *O* de um espelho plano, como mostra a **Figura 5.7**. Uma reta perpendicular a essa superfície e que passa pelo ponto *O* é chamada de reta normal e é representada pela letra *N*.

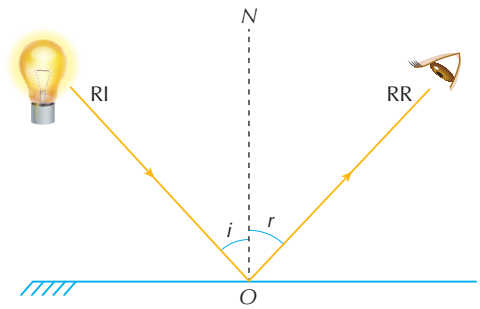


Figura 5.7 Representação esquemática de um raio de luz incidindo (RI) em um espelho plano e refletindo (RR), chegando aos olhos de um observador.

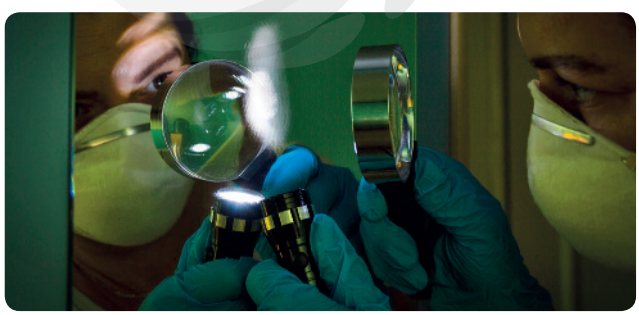
Analisando o ângulo que o raio incidente (RI) e o ângulo que o raio refletido (RR) forma com a normal *N*, obtemos a chamada **lei da reflexão**, que afirma:

A medida do ângulo de incidência (*i*) e do ângulo de reflexão (*r*) são iguais:

$$i = r$$

Formação de imagens em espelhos planos

Na **Figura 5.8**, uma perita forense está em frente a um espelho plano, analisando uma impressão digital. Podemos ver sua imagem formada pelo espelho. Nessa seção, compreenderemos como o desvio dos raios de luz, causado pelo espelho, é responsável pela criação da imagem que vemos ao olhar para um espelho plano.



ZOKA74/SHUTTERSTOCK

Figura 5.8 A imagem da perita é formada pelo espelho.

A **Figura 5.9** mostra dois raios de luz refletidos por um espelho plano. Os dois raios de luz saem do mesmo ponto *P* e, de acordo com a lei da reflexão, cada raio possui ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão; portanto, $i_1 = r_1$ e $i_2 = r_2$. Os prolongamentos dos raios refletidos, o que é válido para qualquer raio refletido que saia de *P*, passam por um ponto em comum que chamaremos de ponto imagem, uma vez que, ao olhar para o espelho, é ali que está a imagem formada por ele.

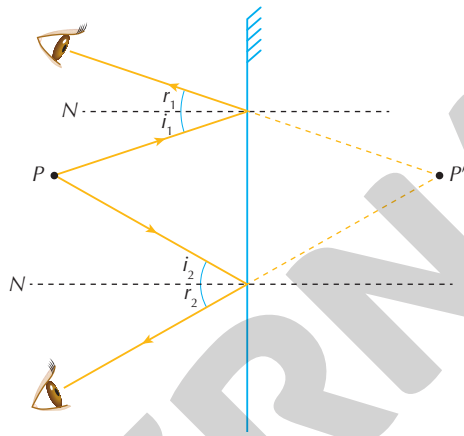


Figura 5.9 Representação esquemática de dois raios de luz sendo refletidos em um espelho plano.

O ponto *P* é chamado de **ponto objeto real**, definido como o ponto do qual partem os raios de luz que incidem no espelho. O ponto *P'*, conhecido como **ponto imagem virtual**, indica a localização da imagem refletida de um objeto localizado em *P*. Um ponto imagem virtual é definido pelos prolongamentos dos raios de luz que são refletidos pelo espelho. Como as imagens virtuais são formadas pelos prolongamentos e não pela passagem de luz em si, elas não podem ser projetadas em um anteparo, por exemplo.

Ao observarmos um objeto refletido pelo espelho, geralmente temos a impressão de que o objeto está atrás do espelho porque nosso cérebro não é capaz de identificar a diferença entre a luz que foi refletida no espelho e aquela que veio diretamente do objeto.

Observe os dois triângulos formados na **Figura 5.10**. Como os ângulos *i* e *r* têm a mesma medida, podemos demonstrar que esses triângulos são congruentes, isto é, os lados correspondentes possuem as mesmas medidas.

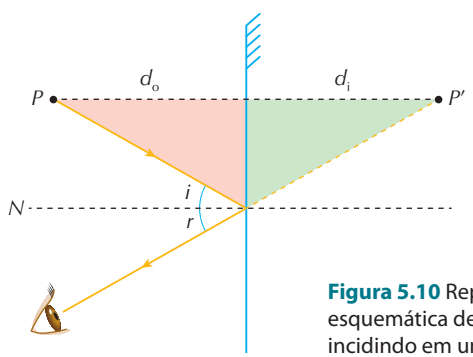


Figura 5.10 Representação esquemática de um raio de luz incidindo em um espelho plano.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Dessa forma, a distância entre o objeto e o espelho (d_o) e a distância entre a imagem e o espelho (d_i) possuem a mesma medida:

$$d_o = d_i$$

Em um espelho plano, a imagem aparece idêntica ao objeto e à mesma distância a que esse objeto está do espelho. Assim, a imagem estabelece com o objeto uma relação de **simetria** ponto a ponto em relação ao plano do espelho, configurando uma imagem de mesma dimensão e natureza contrária. Por exemplo, algumas ambulâncias (**Fig. 5.11**) têm seu nome escrito de forma invertida para que o motorista à frente, ao observar a ambulância pelo espelho retrovisor do carro, veja a escrita de modo correto.

LEO CALDAS/PULSAR IMAGENS

Figura 5.11 As palavras na frente da ambulância estão escritas de forma invertida para facilitar a visualização pelo retrovisor.

Quando você vê a sua imagem em um espelho que está no seu quarto, provavelmente não consegue ver o quarto todo, e sim uma parte dele. Isso depende da posição em que você está e do tamanho do espelho. Essa região do espaço que pode ser vista pelo observador por meio da reflexão em um espelho é chamada de **campo visual do espelho** (em relação ao observador).

Para determinar o campo visual de um espelho em relação a um ponto no qual está o olho *O*, de um observador diante do espelho, localiza-se o ponto *O'* que é simétrico a *O*, e por meio de uma reta une-se *O'* às bordas do espelho, conforme mostra a **Figura 5.12**.

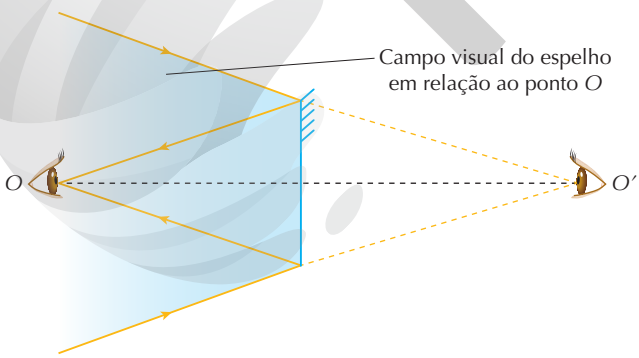


Figura 5.12 Representação esquemática do campo visual em relação ao ponto *O*, no qual está o olho do observador.

Vejamos um exemplo. Um observador está diante de um espelho, como mostra a **Figura 5.13**, sendo que no ponto *O* está localizado o seu olho.

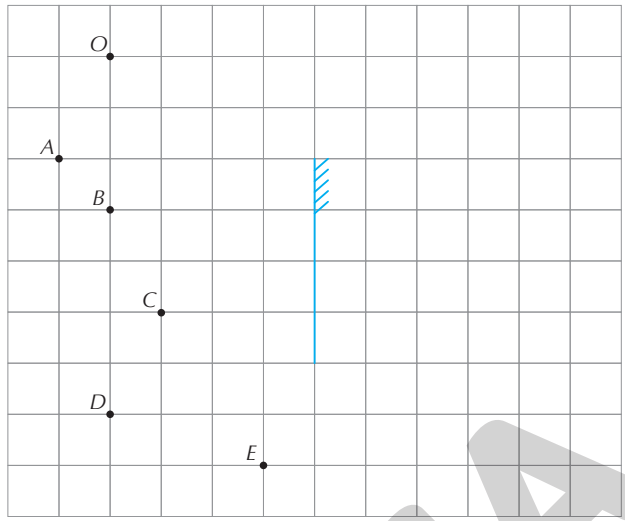


Figura 5.13 Representação esquemática do ponto O, onde está o olho do observador e dos pontos de *A* a *E* diante de um espelho plano.

Quais pontos representados na figura, o observador consegue ver no espelho?

Primeiro devemos indicar o ponto *O'*, no qual está a imagem do olho do observador, simétrico a *O*, para determinarmos o seu campo de visão. Depois, unimos o ponto *O'* às duas bordas do espelho e prolongamos as retas, conforme mostra a **Figura 5.14**.

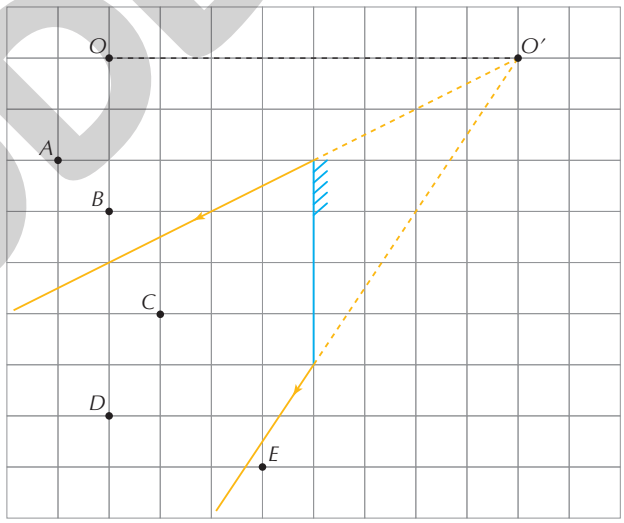


Figura 5.14 Representação esquemática dos pontos que estão dentro e fora do campo visual do espelho em relação ao ponto *O*.

Portanto, o observador consegue ver apenas os pontos *C* e *D* pelo reflexo do espelho.

Espelhos esféricos

Não só na Ciência forense, mas também em diversas áreas da tecnologia e em vários momentos do nosso dia a dia é muito comum o uso de instrumentos ópticos que formam uma imagem ampliada. Ao longo desta seção, estudaremos um instrumento que possui essa capacidade, o **espelho esférico**.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

Os espelhos esféricos são muito utilizados para observar regiões que são de difícil visualização direta (**Fig. 5.15**), ao proporcionarem aumento da imagem formada e maior campo de visão. Essas características são úteis em espelhos usados por dentistas, para fazer barba ou maquiagem, em retrovisores de carros, saídas de estacionamento, supermercados etc.

ROMAN DEMKIV/SHUTTERSTOCK

Figura 5.15 Espelhos esféricos são usados para visualizar regiões de difícil visualização direta, aumentando a imagem e o campo de visão.

Um espelho esférico pode ser obtido ao fazermos o corte de uma secção reta de uma esfera; essa fatia é chamada de **calota esférica**, como mostra a **Figura 5.16**.

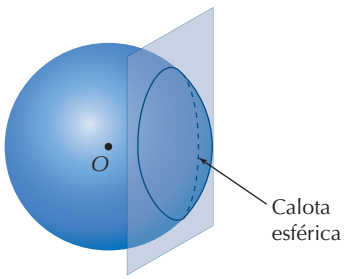


Figura 5.16 Representação esquemática de como obter uma calota esférica.

Essa calota, conforme o lado da superfície que é espelhada, pode ser classificada em: **espelho côncavo** (**Fig. 5.17 A**), se a superfície interna for espelhada, ou **espelho convexo** (**Fig. 5.17 B**), se a superfície externa for espelhada.

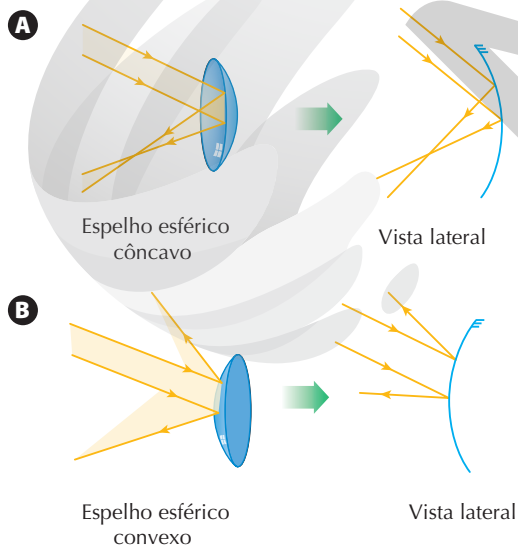


Figura 5.17 Representações esquemáticas de raios de luz incidindo em um espelho esférico côncavo **(A)** e em um espelho esférico convexo **(B)**.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Elementos de um espelho esférico

Na figura a seguir, podemos ver os elementos de um espelho esférico côncavo (**Fig. 5.18 A**) e de um espelho esférico convexo (**Fig. 5.18 B**).

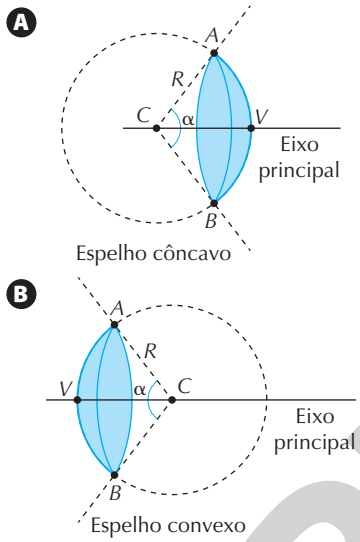


Figura 5.18 Representação esquemática dos elementos de um espelho esférico côncavo **(A)** e de um espelho esférico convexo **(B)**.

Esses elementos são:

- Centro de curvatura (*C*): centro da superfície esférica de onde foi cortada a calota;
- Vértice (*V*): polo da calota;
- Eixo principal: reta definida por *C* e *V*;
- Raio de curvatura (*R*): raio da esfera usada para formar a calota;
- Abertura (α): medida do ângulo *ACB*, sendo *A* e *B* pontos opostos na base da calota.

É comum os espelhos esféricos apresentarem imagens distorcidas, fenômeno conhecido como **aberração esférica**. Para diminuir a aberração esférica, ou seja, para que imagens nítidas sejam formadas, devem ser obedecidas as **condições de Gauss**:

- O ângulo de abertura deve ser pequeno ($\alpha \leqslant 10°$).
- Os raios de luz que incidem no espelho esférico devem estar próximos e pouco inclinados em relação ao eixo principal.

Os espelhos esféricos que obedecem a essas condições são chamados de **espelhos esféricos de Gauss**.

Foco de espelhos esféricos

O **foco** (*F*) é outro elemento importante em um espelho esférico de Gauss. Nesses espelhos, o foco fica no ponto médio do raio de curvatura (*R*), sobre o eixo principal, sendo sua distância:

$$f = \frac{R}{2}$$

A distância *f* é denominada **distância focal**. Conforme a concavidade do espelho, o foco será um ponto de **convergência**, quando os raios de luz se agrupam em um ponto, ou de **divergência**, quando os raios de luz se afastam.

MODERNA

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

Considerando um feixe de raios de luz incidindo em um espelho esférico, paralelos ao eixo principal, temos que, em um **espelho côncavo** (**Fig. 5.19**), os raios de luz paralelos convergem no foco, por isso os espelhos côncavos também são denominados **espelhos convergentes**.

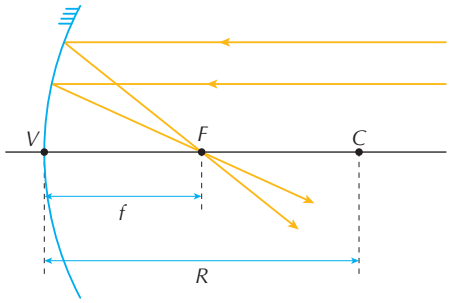


Figura 5.19 Representação esquemática de raios de luz paralelos incidindo em um espelho côncavo.

Em um **espelho convexo** (**Fig. 5.20**), os raios de luz paralelos divergem do foco, por isso os espelhos convexos também são denominados **espelhos divergentes**. Como os raios de luz não atingem o foco, é necessário prolongar uma reta entre o ponto *F* e o ponto de contato do raio com o espelho para determinar a direção e o sentido dos raios de luz refletidos.

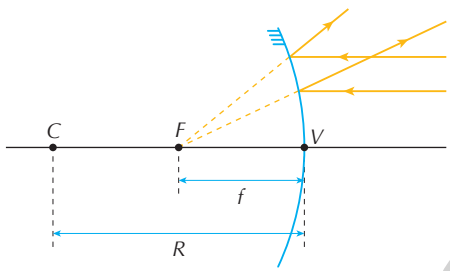


Figura 5.20 Representação esquemática de raios de luz paralelos incidindo em um espelho convexo.

Raios notáveis

Para estudarmos a construção de imagens em espelhos esféricos, é preciso analisar a trajetória dos raios de luz que saem do objeto a ser analisado e incidem no espelho. Para isso, vamos observar as propriedades de quatro raios específicos. Esses raios passam pelos elementos principais do espelho esférico e são conhecidos como **raios notáveis**.

O primeiro é um raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal e reflete em uma direção que passa pelo foco, como mostra a **Figura 5.21**.

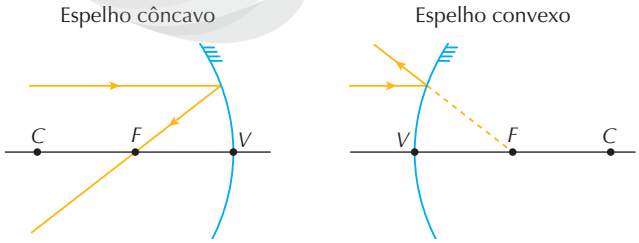


Figura 5.21 Representação esquemática de um raio de luz incidindo paralelamente ao eixo principal em um espelho côncavo e em um espelho convexo.

O segundo é um raio de luz que incide em uma direção que passa pelo foco e reflete em uma direção paralela ao eixo principal, como podemos ver na **Figura 5.22**.

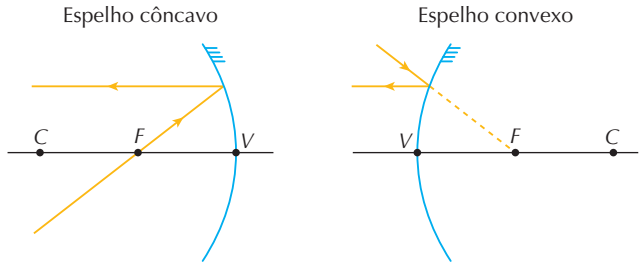


Figura 5.22 Representação esquemática de um raio de luz incidindo na direção do foco de um espelho côncavo e de um espelho convexo.

O terceiro é um raio de luz que incide na direção do centro de curvatura e reflete sobre si mesmo, como pode ser visto na **Figura 5.23**.

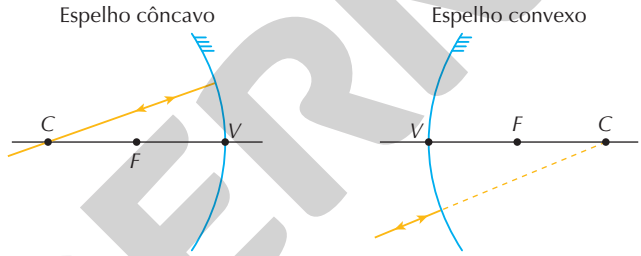


Figura 5.23 Representação esquemática de um raio de luz incidindo na direção do centro de curvatura de um espelho côncavo e de um espelho convexo.

E, por último, o quarto é um raio de luz que incide no vértice e é refletido simetricamente em relação ao eixo principal, conforme mostra a **Figura 5.24**.

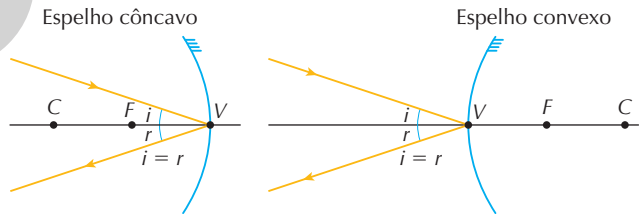


Figura 5.24 Representação esquemática de um raio de luz incidindo no vértice de um espelho côncavo e de um espelho convexo.

Construção de imagens em um espelho esférico

Para a construção de imagens em um espelho esférico, utilizaremos os raios que partem do objeto analisado. Veremos a seguir as representações esquemáticas de como as imagens são formadas.

Quando o encontro dos raios refletidos ocorre efetivamente, dizemos que a natureza da imagem é **real**. E, quando o encontro dos raios refletidos ocorre por meio dos seus prolongamentos, dizemos que a natureza da imagem é **virtual**. Se os raios refletidos não se encontram, dizemos

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

que a natureza da imagem é imprópria; nesse caso, não temos a formação nítida da imagem.

O segmento de reta perpendicular que une o ponto de encontro dos raios refletidos ao eixo principal define o eixo vertical da imagem do objeto. Quando a imagem mantém a orientação do objeto, ela é chamada de imagem **direita**. Caso tenha orientação contrária ao objeto, ela é chamada de imagem **invertida**.

Apesar de muitos raios contribuírem para a formação da imagem, vamos analisar a sua formação considerando os raios notáveis. Vejamos, então, as características da imagem formada por esses raios em espelhos côncavos, considerando um objeto, representado por uma seta vermelha *AB* e a sua imagem, representada por uma seta vermelha *A'B'*.

Quando um objeto está situado entre o centro de curvatura *C* e o foco *F*, a imagem será real, invertida e maior que o objeto (**Fig. 5.25**).

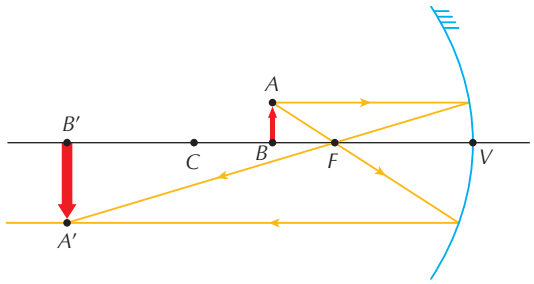
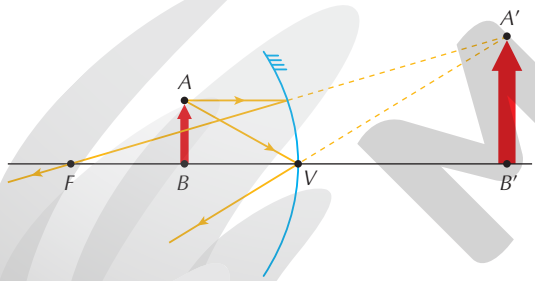


Figura 5.25 Representação esquemática de um espelho esférico côncavo com um objeto entre *C* e *F*.

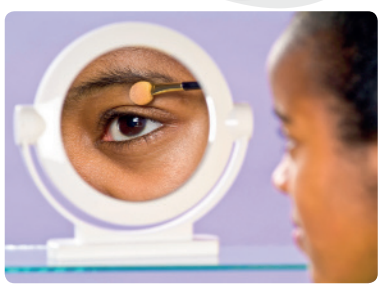
Quando um objeto está situado entre o foco *F* e o vértice *V*, a imagem formada é virtual, direita e maior que o objeto (**Fig. 5.26**).



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 5.26 Representação esquemática de um espelho esférico côncavo com um objeto entre *F* e *V*.

Essa é uma das aplicações práticas mais utilizadas para espelhos côncavos, pois temos uma imagem ampliada, como no espelho usado para maquiagem (**Fig. 5.27**).



MARTYN F. CHILLMAID/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 5.27 Espelhos côncavos são usados em espelhos de maquiagem.

Quando um objeto está situado antes do centro de curvatura *C*, a imagem formada é real, invertida e menor que o objeto (**Fig. 5.28**).

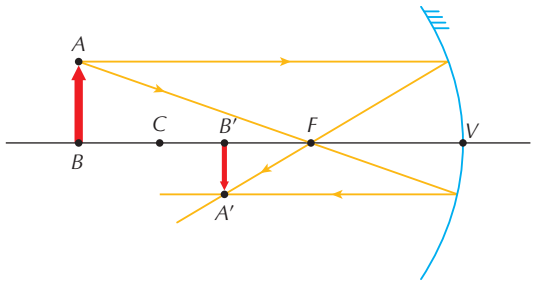


Figura 5.28 Representação esquemática de um espelho esférico côncavo com um objeto antes de *C*.

Quando consideramos os espelhos esféricos convexos, para qualquer posição do objeto em frente ao espelho, a imagem formada será sempre virtual, direita e menor do que o objeto (**Fig. 5.29**).

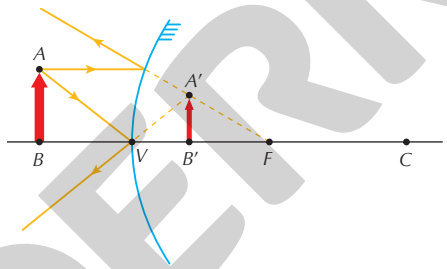


Figura 5.29 Representação esquemática de um espelho esférico convexo com um objeto entre *V* e *F*.

Uma imagem formada por um espelho convexo é sempre menor que o objeto. Assim, há um campo visual maior; por isso esses espelhos são muito utilizados em locais como estações de metrô e saídas de estacionamento (**Fig. 5.30**).

OGRO BATTLE/SHUTTERSTOCK

Figura 5.30 Espelhos esféricos convexos apresentam um campo visual maior.

Vejamos um exemplo no qual uma pessoa fica de frente a um espelho esférico e vê sua imagem ampliada e direita.

Considerando como a pessoa vê sua imagem, qual é o tipo de espelho esférico? Quais são os elementos desse espelho?

Como a imagem formada é virtual, direita e maior que a pessoa, o espelho é côncavo.

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

MODERNA

Para determinar os elementos desse espelho, podemos usar alguns raios notáveis e construir a representação esquemática da **Figura 5.31**.

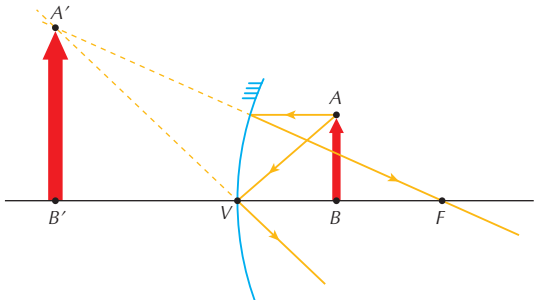


Figura 5.31 Representação esquemática dos raios notáveis e do espelho esférico.

Equação de Gauss e ampliação

O estudo da posição da imagem de um objeto fornecida por um espelho esférico pode ser realizado por meio de um sistema de coordenadas no qual a origem está no vértice do espelho, orientado com o sentido positivo contrário ao da luz incidente. Esse sistema de coordenadas é formado por uma abcissa (eixo *x*) e uma ordenada (eixo *y*) e é conhecido como **referencial gaussiano** ou **referencial de Gauss** (**Fig. 5.32**) para os espelhos esféricos. Note que, nesse referencial, objetos e imagens reais, ou seja, que estão posicionados em frente ao espelho, possuem abscissas positivas. Já as imagens virtuais, que estão posicionadas atrás do espelho, possuem abscissas negativas.

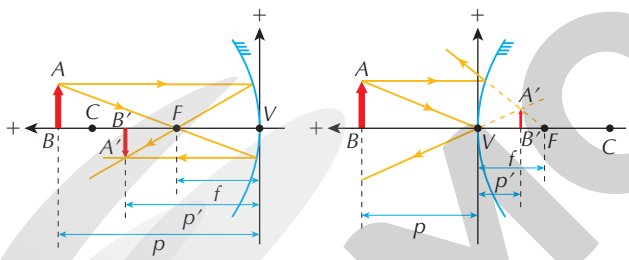


Figura 5.32 Representação esquemática do referencial gaussiano para um espelho côncavo e para um espelho convexo.

Com base nesse referencial, é possível relacionar a distância focal, a posição do objeto e a posição da imagem a partir da **equação de Gauss**:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

em que f é a distância focal, isto é, a distância do vértice ao foco do espelho, p é a distância do objeto ao vértice do espelho e p' é a distância da imagem ao vértice do espelho, como podemos ver na **Figura 5.32**. De acordo com o referencial de Gauss para espelhos esféricos, temos:

- $f > 0$ para espelhos côncavos.
- $f < 0$ para espelhos convexos.
- $p' > 0$ para imagens reais.
- $p' < 0$ para imagens virtuais.

O referencial gaussiano também pode ser usado para trabalhar com o tamanho da imagem. Sendo o tamanho do objeto o valor da ordenada da sua extremidade, representado pela letra *o*, e o tamanho da imagem o valor da ordenada da sua extremidade, representado pela letra *i*, o **aumento linear transversal** (***A***), ou **ampliação**, é dado por:

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

Note que A é um valor adimensional e o seu módulo permite saber se a imagem formada foi ampliada, reduzida ou manteve o tamanho do objeto, da seguinte forma:

- $|A| > 1$: a imagem foi ampliada.
- $|A| < 1$: a imagem foi reduzida.
- $|A| = 1$: o tamanho da imagem se manteve igual.

Além disso, é possível saber se a imagem é direita ou invertida pelo sinal de A.

- $A > 0$: a imagem é direita.
- $A < 0$: a imagem é invertida.

Vejamos um exemplo em que uma perita forense, ao analisar as condições de um acidente envolvendo automóveis, investiga o espelho retrovisor de um deles e verifica que esse espelho fornece uma imagem direita e duas vezes menor de um objeto que está a 5 m de distância. Qual é o tipo do espelho e sua distância focal?

Como a imagem é direita ($A > 0$), temos uma imagem virtual ($p' < 0$). Então, sabendo que a imagem é duas vezes menor que o tamanho do objeto e que o objeto está a 5 m do espelho ($p = 5$ m), temos, a partir da equação para o aumento linear transversal:

$$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{1}{2} = -\frac{p'}{5\text{ m}} \Rightarrow p' = -\frac{5}{2}\text{ m}$$

Assim, pela equação de Gauss, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{5\text{ m}} + \frac{1}{\left(-\frac{5}{2}\text{ m}\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{5\text{ m}} - \frac{2}{5\text{ m}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{1}{5\text{ m}} \therefore f = -5\text{ m}$$

Como o foco é negativo, percebemos que se trata de um espelho convexo com distância focal de 5 m.

Refração

Até aqui, os fenômenos e os instrumentos ópticos estudados estavam relacionados com a reflexão, isto é, o fenômeno que ocorre quando a luz incide em uma superfície e retorna ao meio original. Mas diversos instrumentos ópticos utilizados na Ciência forense e em diversas outras aplicações tecnológicas são refratores, relacionados ao fenômeno da **refração**. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ao atingir uma superfície de separação entre dois meios, passa a se propagar no meio seguinte com velocidade diferente.

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Índice de refração

Observe a **Figura 5.33**. O fato de o bastão de vidro (bagueta) parecer quebrado se dá pela refração, que ocorre durante o caminho que a luz percorre do bastão até os nossos olhos. Nesse caminho, a luz refletida pelo bastão atravessa a água, passa para o vidro, onde ocorre refração, e, em seguida, passa do vidro para o ar, onde ocorre outra refração. Quando a luz vem do ar e atinge os nossos olhos, ela sofre outra refração ao passar do ar para a córnea. Ou seja, em todos esses momentos, a luz atravessa diversos meios.

NIXX PHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK

Figura 5.33
A bagueta dentro de um béquer com água parece estar quebrada.

A grandeza física que sofre alteração quando a luz muda de meio é a **velocidade de propagação**. Para comparar meios homogêneos e transparentes distintos, utilizamos o conceito de **índice de refração absoluto** (*n*), que é uma grandeza adimensional obtida pela razão entre a velocidade da luz no vácuo (*c*) e a velocidade da luz no meio em questão (*v*). De maneira geral, podemos dizer que *n* indica quantas vezes *c* é maior que *v*; assim:

$$n = \frac{c}{v}$$

Vale ressaltar que cada substância possui um índice de refração característico.

A relação entre o índice de refração de dois meios, homogêneos e transparentes, e o desvio sofrido pela luz ao atravessar os meios foi obtida no século XVII, pelo matemático e astrônomo holandês Willebrord van Roijen Snell (1580-1626) e pelo filósofo, físico e matemático francês René Descartes (1596-1650).

Para obter essa relação, vamos considerar um raio de luz monocromático, propagando-se em um meio 1, cujo índice de refração é n_1, e fazendo um ângulo *i* com a reta normal (*N*). Esse raio, ao passar para um meio 2, cujo índice de refração é n_2, passa a ter um ângulo *r* com a reta normal. Esse fenômeno, relacionado com a mudança de velocidade de propagação da luz, nada mais é do que a refração da luz. A relação entre o índice de refração de dois meios e o desvio sofrido pela luz ao atravessá-los é regida pela **lei da refração**, também conhecida como **lei de Snell-Descartes**, dada por:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r$$

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

O meio que tiver maior índice de refração absoluto quando comparado a outro meio é denominado mais **refringente**. De acordo com a lei de Snell-Descartes, um raio de luz refratado fica mais próximo da reta normal em um meio mais refringente do que no meio menos refringente. Ou seja, se o raio de luz sair de um meio menos refringente (como o ar) para um mais refringente (como a água) ele deve se aproximar da reta normal (**Fig. 5.34 A**). No entanto, se o raio de luz sair de um meio mais refringente para um meio menos refringente, ele se afasta da reta normal (**Fig. 5.34 B**).

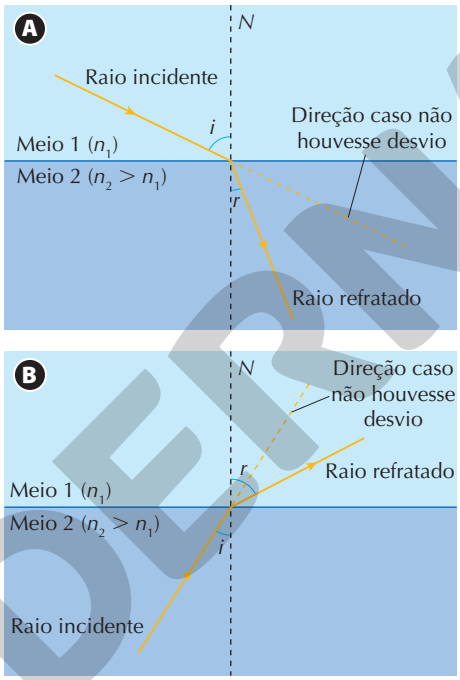


Figura 5.34 Representação esquemática de um raio de luz passando de um meio menos refringente para um meio mais refringente **(A)** e de um meio mais refringente para um meio menos refringente **(B)**.

Quando o ângulo de incidência é 0°, o ângulo de refração também é 0° e não há mudança de direção nem de trajetória. No entanto, o fenômeno da refração ainda ocorre, pois há mudança na velocidade de propagação da luz (**Fig. 5.35**).

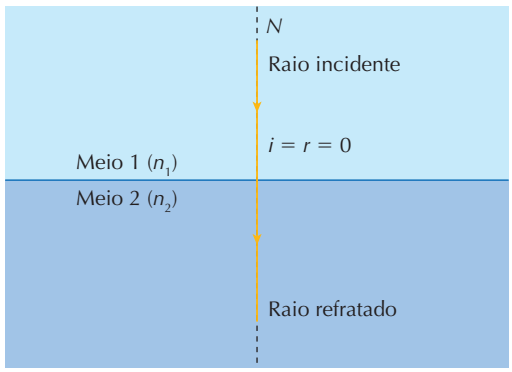


Figura 5.35 Representação esquemática de um raio de luz com ângulo de incidência igual a zero e ângulo de refração também igual a zero. Nesse caso, não há mudança de direção nem de trajetória.

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

MODERNA

Vejamos um exemplo no qual um raio de luz proveniente do ar incide formando um ângulo de 30° com a normal sobre a superfície de separação entre o ar e o óleo de cozinha. Considerando $n_{ar} = 1{,}0$ e $n_{óleo} = 1{,}47$, o raio de luz refratado se aproxima ou se afasta da normal? Por quê? Qual é a velocidade da luz no óleo, sabendo que $c = 3 \cdot 10^8\ m\ s^{-1}$? Qual é o ângulo de refração? Considere sen 30° = 0,5 e, se necessário, utilize a calculadora.

O raio refratado se aproxima da normal, pois o raio de luz passa de um meio menos refringente ($n_{ar} = 1{,}0$) para um mais refringente ($n_{óleo} = 1{,}47$).

Para calcular a velocidade da luz no óleo, podemos usar a definição do índice de refração:

$$n_{óleo} = \frac{c}{v_{óleo}} \Rightarrow 1{,}47 = \frac{3 \cdot 10^8\ m\ s^{-1}}{v_{óleo}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{óleo} = \frac{3 \cdot 10^8\ m\ s^{-1}}{1{,}47} \therefore v_{óleo} \simeq 2 \cdot 10^8\ m\ s^{-1}$$

Para calcular o ângulo de refração (r), podemos aplicar a lei de Snell-Descartes:

$$n_{ar} \cdot \text{sen}\ i = n_{óleo} \cdot \text{sen}\ r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1{,}0 \cdot \text{sen}\ 30° = 1{,}47 \cdot \text{sen}\ r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{sen}\ r = \frac{1{,}0}{1{,}47} \cdot \text{sen}\ 30° \Rightarrow \text{sen}\ r = 0{,}68 \cdot 0{,}5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{sen}\ r = 0{,}34 \Rightarrow r = \text{arcsen}\,(0{,}34)$$

$$\therefore r \simeq 20°$$

Comente com os estudantes que os índios que pescam no rio com arco e flecha veem o peixe mais próximo à superfície da água devido à refração e aprendem a corrigir esse efeito para pegar o peixe.

Reflexão total

Quando olhamos para a superfície de separação entre a água e o ar, dependendo do ângulo que olhamos, essa superfície se comporta como um espelho (**Fig. 5.36**). Esse fenômeno da reflexão de toda a luz na superfície de separação entre meios transparentes é chamado de **reflexão total**.

AFONSO FARIAS/ALAMY/FOTOARENA

Figura 5.36 Praia de Jericoacoara, no Ceará (2011).

Em uma situação em que a luz se propaga de um meio mais refringente para um meio menos refringente, há um valor máximo do ângulo de incidência para que ocorra a refração; esse valor é chamado de **ângulo limite** (L). No exato valor do ângulo limite, a luz refrata de forma rasante à superfície de separação entre os meios, ou seja, com um ângulo de refração igual a 90°. Se o ângulo de incidência for maior que o ângulo limite, não haverá refração, e toda a luz será refletida de volta ao meio de origem. Esse fenômeno é conhecido como **reflexão total**. Podemos calcular o ângulo limite aplicando a lei de Snell-Descartes. Considerando o caso rasante, temos:

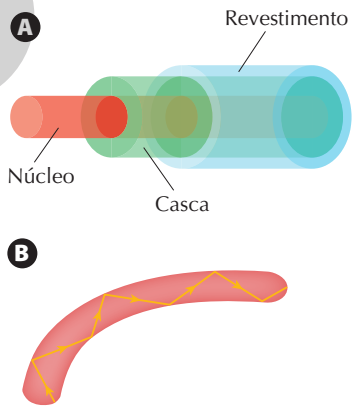
$$n_1 \cdot \text{sen}\ L = n_2 \cdot \text{sen}\ 90°$$

O meio 1 tem índice de refração maior do que o meio 2 ($n_1 > n_2$), então o ângulo limite pode ser definido como:

$$\text{sen}\ L = \frac{n_{menor}}{n_{maior}}$$

Uma das aplicações tecnológicas da reflexão total ocorre em **fibras ópticas**, usadas na condução de sinais luminosos. As fibras ópticas são muito utilizadas, por exemplo, em telecomunicações, por serem leves e terem grande capacidade de transmissão e pouca perda de sinal.

Cada fibra óptica é formada basicamente de um filamento muito fino de vidro ou plástico que constitui o núcleo. O núcleo é envolto por uma camada de vidro formando uma espécie de "casca", que é envolta por um revestimento (**Fig. 5.37 A**). Um estreito feixe de luz produzido por uma fonte *laser* penetra por uma das extremidades da fibra. A incidência do sinal luminoso na superfície que separa o núcleo da casca se dá por um ângulo maior que o ângulo limite, promovendo sucessivas reflexões totais do sinal (**Fig. 5.37 B**), que emerge pela outra extremidade.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 5.37 Representações esquemáticas da estrutura interna da fibra óptica **(A)** e da trajetória da luz no seu interior **(B)**.

Fique por dentro

Desvio da luz

Nesse simulador, veja como ocorre o desvio da luz ao percorrer dois meios com diferentes índices de refração. Use prismas de diferentes formas e veja como a luz refrata.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light>.

Acesso em: 7 set. 2020.

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

EM MODERNA

Lentes esféricas

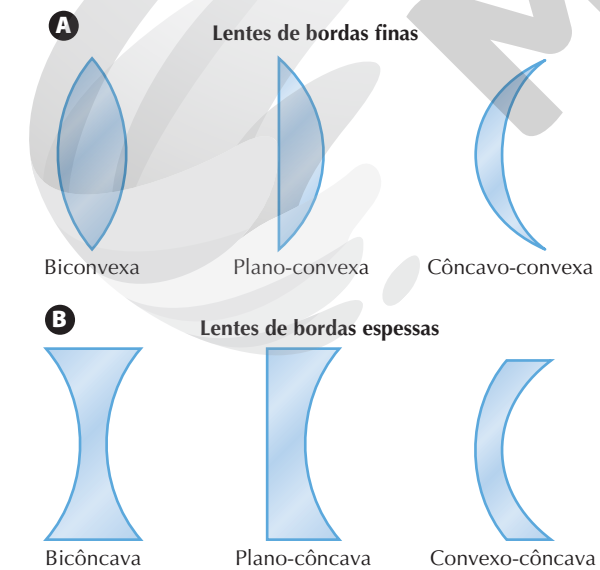
Por que ao olhar pela lente, dependendo da posição do objeto em relação à lente, a técnica forense (**Fig. 5.38**) pode observar a imagem do objeto ampliada? Quais são os tipos de imagem que uma lente pode formar? Essas e outras perguntas responderemos no decorrer desta seção.

MICROGEN/SHUTTERSTOCK

Figura 5.38 Lentes são muito usadas para observar a imagem de um objeto ampliada.

A **lente esférica** é um sistema óptico composto de dois meios transparentes e homogêneos, separados por duas faces esféricas ou por uma face esférica e outra plana. Geralmente, o meio interno é composto de vidro ou de plástico e o meio externo é o ar.

É possível distinguir seis tipos diferentes de lente, levando em conta sua curvatura. Para um observador externo à lente, que esteja olhando cada uma de suas faces, elas podem apresentar-se côncavas, convexas ou planas. As lentes ainda podem ser classificadas de acordo com as suas bordas, que podem ser menos espessas que a parte central, denominadas **lentes de bordas finas** (**Fig. 5.39 A**), ou mais espessas que a parte central, denominadas **lentes de bordas espessas** (**Fig. 5.39 B**).



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 5.39 Representação esquemática dos tipos de lentes esféricas: **(A)** bordas finas; **(B)** bordas espessas.

O princípio de funcionamento das lentes baseia-se na refração. A luz sofre uma primeira refração ao incidir na superfície de separação entre o meio externo à lente e o material que a constitui e, novamente, ao retornar para o meio de origem.

Analisando as lentes quanto à convergência dos raios de luz, as lentes de bordas finas são convergentes quando $n_2 > n_1$ (**Fig. 5.40 A**) e divergentes quando $n_2 < n_1$ (**Fig. 5.40 B**).

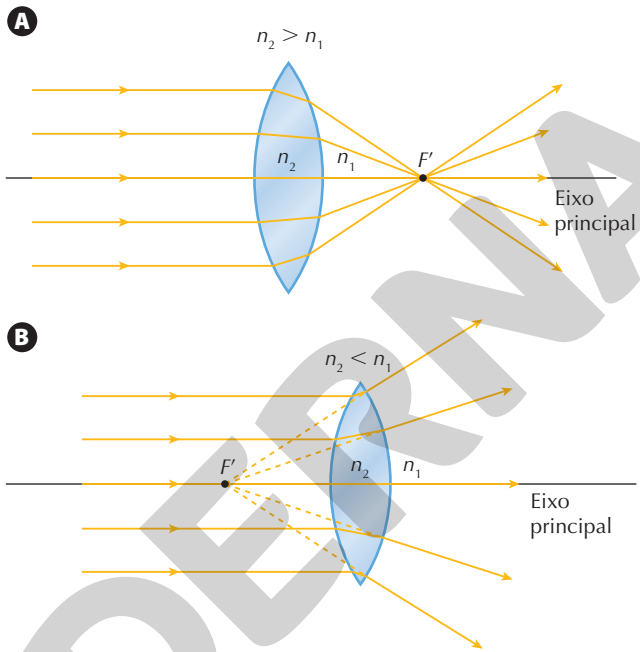


Figura 5.40 Representação esquemática de lentes de bordas finas: **(A)** convergentes, quando $n_2 > n_1$, e **(B)** divergentes, quando $n_2 < n_1$.

Já as lentes de bordas espessas são convergentes quando $n_2 < n_1$ (**Fig. 5.41 A**) e divergentes quando $n_2 > n_1$ (**Fig. 5.41 B**).

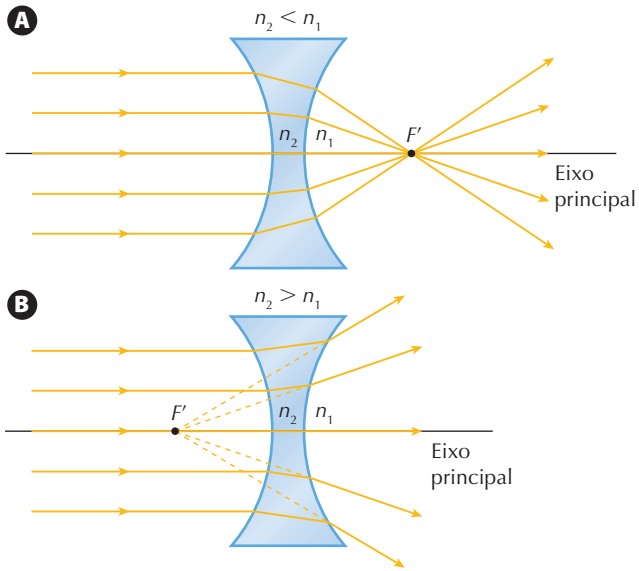


Figura 5.41 Representação esquemática de lentes de bordas espessas: **(A)** convergentes, quando $n_2 < n_1$, **(B)** divergentes, quando $n_2 > n_1$.

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

MODERNA

Elementos da lente esférica e da lente delgada

Pode-se considerar que a lente esférica é formada geometricamente por seções de uma ou mais esferas. Assim, cada face da lente possui seu raio de curvatura *R* e seu respectivo ponto de centro de curvatura *C*, dispostos sobre o eixo principal da lente de espessura *e*. Os pontos de intersecção entre as faces esféricas e o eixo principal são os vértices (V_1 e V_2), como mostram as figuras a seguir para as lentes bicôncava (**Fig. 5.42 A**) e biconvexa (**Fig. 5.42 B**).

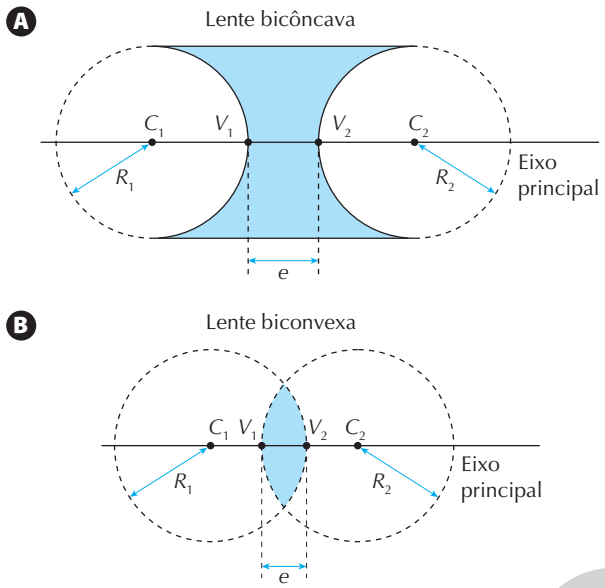


Figura 5.42 Representação esquemática dos elementos geométricos das lentes bicôncava **(A)** e biconvexa **(B)**.

A lente é chamada de lente delgada se a sua espessura for desprezível, quando comparada ao tamanho de suas faces. Nesse caso, os vértices ocupam aproximadamente o mesmo lugar no eixo principal, cujo ponto passa a ser chamado de centro óptico *O* da lente.

Outros pontos importantes são o foco objeto *F* e o foco imagem *F'*, que se localizam a uma mesma distância do centro óptico *O* denominada **distância focal *f***. A uma distância 2*f* estão localizados os pontos *A* e *A'*, chamados de pontos antiprincipais. As lentes delgadas são representadas como mostra a **Figura 5.43** e são classificadas em convergentes (**Fig. 5.43 A**) ou divergentes (**Fig. 5.43 B**).

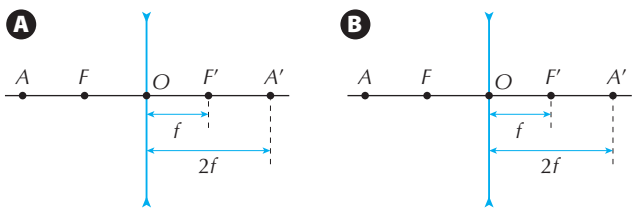


Figura 5.43 Representação esquemática de lentes delgadas convergentes **(A)** e divergentes **(B)**.

Raios notáveis

Assim como fizemos com os espelhos esféricos, vamos analisar as propriedades dos raios notáveis ao atravessarem as lentes delgadas. Esses raios apresentam propriedades que auxiliam na construção de imagens dos objetos.

A primeira propriedade se dá quando um raio de luz incide paralelamente ao eixo principal da lente. Nesse caso, ele refrata na direção do foco imagem *F'*, como mostra a **Figura 5.44**.

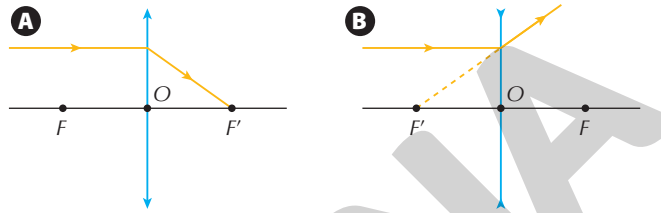


Figura 5.44 Representação esquemática de um raio de luz incidindo paralelamente ao eixo principal de uma lente delgada convergente **(A)** e de uma lente delgada divergente **(B)**.

A segunda propriedade se dá quando um raio de luz incide na direção do foco objeto *F*. Nesse caso, ele refrata paralelamente ao eixo principal da lente, como mostra a **Figura 5.45**.

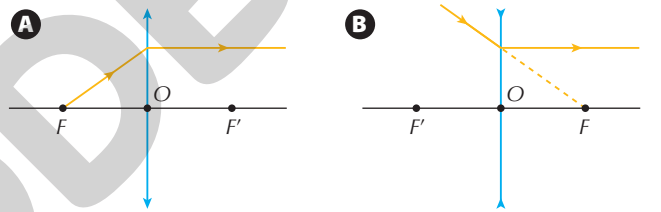


Figura 5.45 Representação esquemática de um raio de luz incidindo na direção do foco objeto *F* de uma lente delgada convergente **(A)** e de uma lente delgada divergente **(B)**.

E a última propriedade é quando um raio de luz incide no centro óptico *O* da lente. Nesse caso, ele refrata sem sofrer desvio, como mostra a **Figura 5.46**.

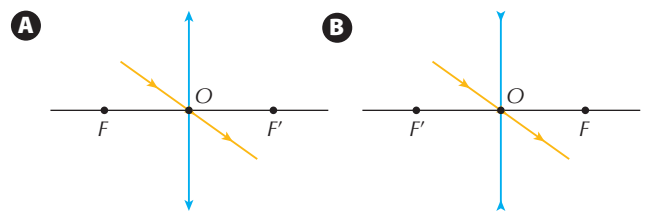


Figura 5.46 Representação esquemática de um raio de luz incidindo no centro óptico *O* de uma lente delgada convergente **(A)** e de uma lente delgada divergente **(B)**.

Formação de imagens

Agora, vamos analisar as características de uma imagem formada pelas lentes convergentes, dado um objeto representado por uma seta vermelha *CD* e sua imagem, representada por uma seta vermelha *C'D'*.

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Quando o objeto está situado antes do ponto antiprincipal *A*, a imagem será real, invertida e menor que o objeto (**Fig. 5.47**).

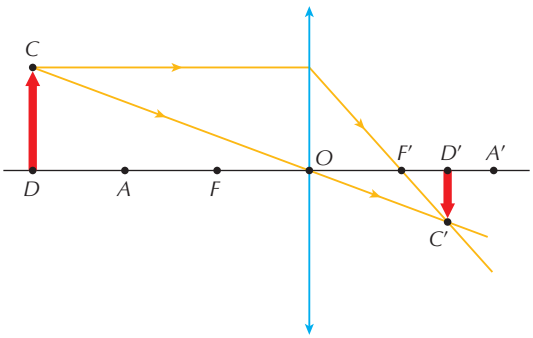


Figura 5.47 Representação esquemática de uma lente convergente com um objeto antes do ponto *A*.

Quando o objeto está situado sobre o ponto antiprincipal *A*, a imagem será real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto (**Fig. 5.48**).

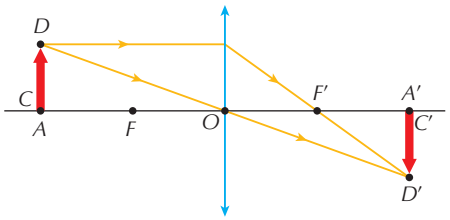


Figura 5.48 Representação esquemática de uma lente convergente com um objeto no ponto *A*.

Quando o objeto está situado entre o ponto antiprincipal *A* e o foco objeto *F*, a imagem será real, invertida e maior que o objeto (**Fig. 5.49**).

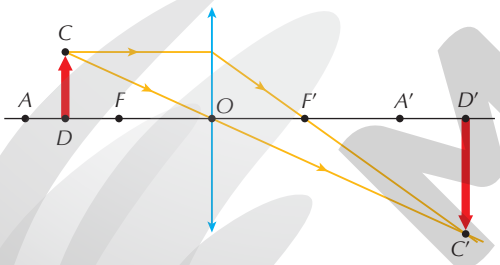


Figura 5.49 Representação esquemática de uma lente convergente com um objeto entre *A* e *F*.

Quando o objeto está situado sobre o foco objeto *F*, a imagem se forma no infinito e é denominada **imprópria** (**Fig. 5.50**).

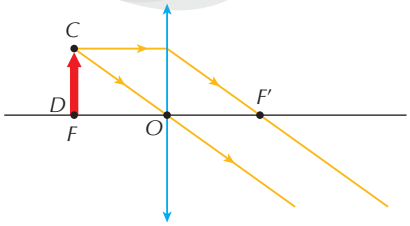


Figura 5.50 Representação esquemática de uma lente convergente com um objeto sobre o ponto *F*.

Quando o objeto está situado entre o foco objeto *F* e o centro óptico *O*, a imagem é virtual, direita e maior que o objeto (**Fig. 5.51**).

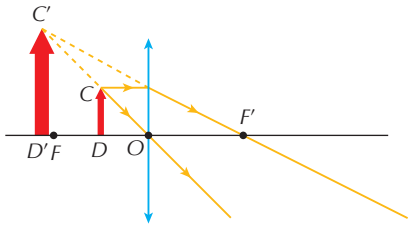


Figura 5.51 Representação esquemática de uma lente convergente com um objeto entre *F* e *O*.

Nas lupas ou lentes de aumento (**Fig. 5.52**), que possuem lente convergente, a imagem é formada como na **Figura 5.51**.

KILUKILU/SHUTTERSTOCK

Figura 5.52 Lente de aumento sendo usada para análise de impressões digitais.

Para as lentes divergentes, qualquer que seja a posição do objeto colocado diante da lente, a imagem formada é sempre virtual, direita e menor do que o objeto (**Fig. 5.53**).

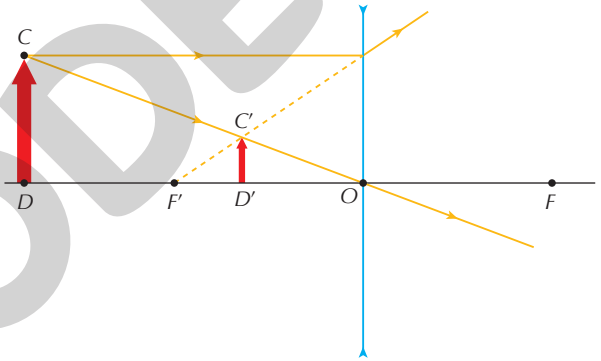


Figura 5.53 Representação esquemática de uma lente divergente com um objeto situado à sua frente.

Vejamos um exemplo em que um objeto é posicionado na frente de uma lente delgada, como mostra a **Figura 5.54**. Quais serão as características da imagem formada?

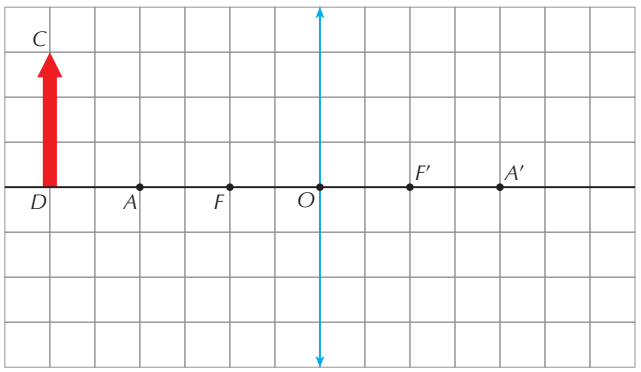


Figura 5.54 Representação esquemática de um objeto posicionado na frente de uma lente delgada.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

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

Como, na **Figura 5.55**, vemos que o objeto está antes do ponto antiprincipal *A*, então, usando os raios notáveis, podemos construir uma representação determinando a imagem formada (**Fig. 5.55**).

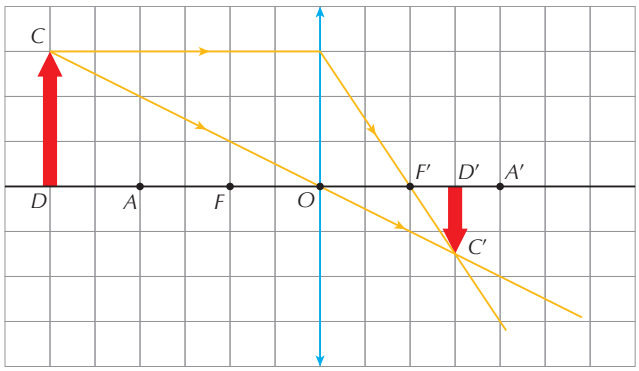


Figura 5.55 Representação esquemática de um objeto posicionado na frente de uma lente delgada e a imagem formada.

Observando a figura, verificamos que a imagem formada é real, invertida e menor que o objeto.

Estudo analítico das lentes

A posição, o tamanho e a natureza da imagem fornecida por uma lente podem ser determinados da mesma forma que em um espelho esférico. Para isso, adotamos o **referencial de Gauss**, ou **referencial gaussiano** para lentes delgadas, como mostra a **Figura 5.56**.

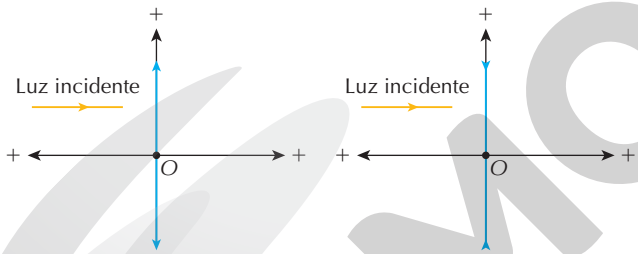


Figura 5.56 Representação esquemática do referencial gaussiano para uma lente delgada convergente e para uma lente delgada divergente.

Com base nesse referencial, é possível relacionar a distância focal, a posição do objeto e a posição da imagem a partir da **equação de Gauss**:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

em que f é a distância focal, p é a distância do objeto à lente e p' é a distância da imagem à lente.

De acordo com o referencial de Gauss para lentes delgadas, temos:

- $f > 0$ para lentes convergentes;
- $f < 0$ para lentes divergentes;
- $p' > 0$ para imagens reais;
- $p' < 0$ para imagens virtuais.

A relação entre o tamanho i da imagem e o tamanho do objeto o, chamado **aumento linear transversal *A***, ou **ampliação**, pode ser calculada da mesma maneira que no caso dos espelhos esféricos, portanto:

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

Dado o valor do módulo de A, é possível saber se a imagem formada foi ampliada, reduzida ou manteve o tamanho do objeto:

- $|A| > 1$: a imagem foi ampliada.
- $|A| < 1$: a imagem foi reduzida.
- $|A| = 1$: o tamanho da imagem se manteve igual.

Já pelo sinal de A, é possível saber se a imagem é direita ou invertida:

- $A > 0$: a imagem é direita.
- $A < 0$: a imagem é invertida.

Instrumentos ópticos

Na seção anterior, vimos como uma lente forma uma imagem de um objeto e os tipos possíveis de imagens formadas. Nesta seção, veremos como essas imagens podem ser utilizadas de forma prática para facilitar a visualização de objetos, ampliando, bem como reduzindo, o tamanho da imagem, como é o caso da máquina fotográfica. Alguns instrumentos como a lupa e a máquina fotográfica trabalham com apenas uma lente. Já outros instrumentos são **compostos**, ou seja, trabalham com mais de uma lente para formar a imagem final.

Microscópio composto

Para observar objetos muito pequenos que são dificilmente visíveis a olho nu, é necessário o uso de instrumentos ópticos mais sofisticados, como o microscópio composto (**Fig. 5.57**), que é formado pelo conjunto de duas ou mais lentes convergentes, permitindo maior ampliação do objeto.

ASIA IMAGES/SHUTTERSTOCK

Figura 5.57 Objetos muito pequenos, que não podem ser observados a olho nu, podem ser vistos com um microscópio composto.

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

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

De modo geral, um microscópio composto possui uma lente convergente denominada **objetiva**, com distância focal da ordem de milímetros, que fica mais próxima do objeto a ser observado. Há uma segunda lente, também convergente, chamada **ocular**, com distância focal da ordem de centímetros, que fica mais próxima do observador. A objetiva é responsável por fornecer uma imagem real invertida e ampliada do objeto. Usando essa imagem, a ocular fornece uma imagem virtual direita e ampliada; portanto, a ocular funciona como uma lupa, aumentando a imagem fornecida pela objetiva (**Fig. 5.58**).

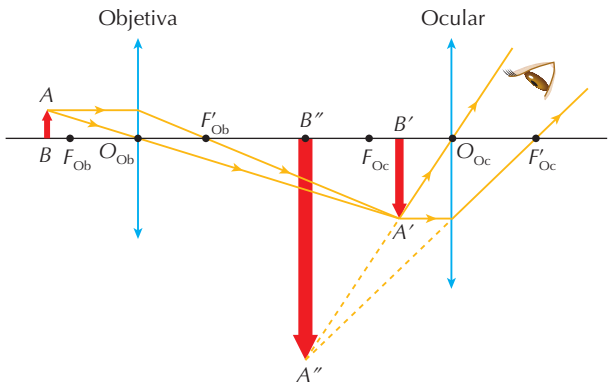


Figura 5.58 Representação esquemática das lentes de um microscópio composto.

Microscópio eletrônico

Apesar de podermos observar objetos muito pequenos usando os microscópios compostos, há um limite de tamanho para tal observação, que é de 0,2 micrômetro. Quando a observação precisa ser feita em uma escala de tamanho menor do que essa, o que muitas vezes é necessário para o profissional forense, pode-se usar os chamados microscópios eletrônicos, por meio dos quais é possível observar objetos na escala de nanômetros (10^{-9} m).

A base de funcionamento dos microscópios eletrônicos é similar à dos microscópios compostos ou microscópios ópticos. A principal diferença é que os microscópios eletrônicos usam um feixe de elétrons no lugar dos raios de luz. Outra diferença é em relação às lentes: enquanto no microscópio óptico são usadas lentes feitas de vidro na orientação dos raios de luz, nos microscópios eletrônicos são usadas lentes eletromagnéticas, que são ímãs, para orientar o feixe de elétrons.

Há dois tipos de microscópios eletrônicos: o de varredura e o de transmissão. No microscópio eletrônico de varredura, os elétrons provenientes do feixe refletem na superfície da amostra observada, são detectados e formam a imagem. Já no microscópio eletrônico de transmissão, o feixe de elétrons atravessa a amostra para formar a imagem.

Câmera fotográfica

As câmeras fotográficas construídas no século XIX eram aparelhos muito simples e possuíam um papel sensível à luz, o filme fotográfico.

No século XX, esses filmes foram trocados por bobinas flexíveis de celulose, cobertas com uma camada de sais de prata sensíveis à luz. Nos filmes coloridos, existiam três camadas diferentes de sais de prata, cada uma sensível à luz de cores azul, verde e vermelha. Depois da exposição à luz, a imagem gerada invertida era fixada por meio de reações químicas no filme, também chamado de negativo. O processo de revelação da foto, pelo qual era obtido o positivo, consistia em colocar o negativo em contato com um papel fotográfico para onde a imagem era, então, transferida.

Atualmente, as câmeras fotográficas digitais (**Fig. 5.59**), como as dos celulares, permitem o registro da imagem em uma placa coberta de circuitos eletrônicos em vez de filme fotográfico. A luz é projetada sobre essa placa coberta com milhões de sensores que geram sinais elétricos onde incide luz. Posteriormente, essa corrente elétrica é convertida por um *chip* em dados digitais. Cada ponto da imagem é chamado de *pixel*.

Figura 5.59 Fotógrafa forense usando uma câmera fotográfica digital para registros do ambiente que serão analisados posteriormente.

No processo de captação da imagem, seja em filme, seja digitalmente, é comum o uso de lentes. As câmeras usam uma lente convergente, denominada objetiva, cuja função é conjugar uma imagem real (*A'B'*) e menor do objeto (*AB*) para ser projetada em seu interior, como mostra a **Figura 5.60**.

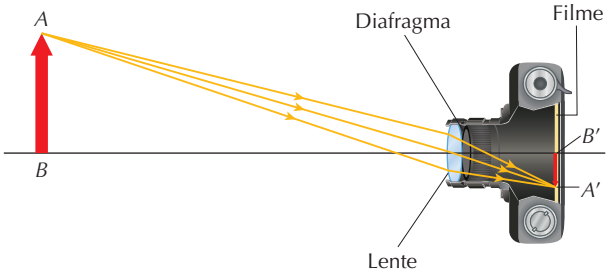


Figura 5.60 Representação esquemática de uma câmera fotográfica.

Outra parte importante da câmera é o diafragma, que regula a entrada e a intensidade de luz.

ROBERT KNESCHKE/SHUTTERSTOCK
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. (UFJF-MG) Em relação aos princípios de óptica, julgue as afirmativas abaixo.

I) Um raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal de um espelho esférico côncavo é refletido em uma direção que passa pelo seu foco principal.

II) Dizer que um meio é menos refringente que o outro significa dizer que seu índice de refração é maior em relação ao anterior.

III) A luz monocromática, ao refratar-se, estabelece uma relação constante entre o produto da tangente do ângulo – que se forma entre o raio e a normal – e o índice de refração.

IV) O ângulo de incidência para que ocorra reflexão interna total é independente dos índices de refração dos meios.

V) O espelho plano forma imagens virtuais.

Indique a alternativa **CORRETA**.

a) I e III estão corretas.

b) IV e V estão incorretas.

c) I e II estão corretas.

d) III e IV estão corretas.

e) I e V estão corretas.

2. (Mackenzie-SP) Uma garota encontra-se diante de um espelho esférico côncavo e observa que a imagem direita de seu rosto é ampliada duas vezes.

O rosto da garota só pode estar:

a) entre o centro de curvatura e o foco do espelho côncavo.

b) sobre o centro de curvatura do espelho côncavo.

c) entre o foco e o vértice do espelho côncavo.

d) sobre o foco do espelho côncavo.

e) antes do centro de curvatura do espelho côncavo.

3. (UFPB) Um projetor de *slide* é um dispositivo bastante usado em salas de aula e/ou em conferências, para projetar, sobre uma tela, imagens ampliadas de objetos. Basicamente, um projetor é constituído de lentes convergentes.

Nesse sentido, considere um projetor formado por apenas uma lente convergente de distância focal igual a 10 cm.

Nesse contexto, a ampliação da imagem projetada, em uma tela a 2 m de distância do projetor, é de:

a) 20 vezes. **c)** 18 vezes. **e)** 16 vezes.

b) 19 vezes. **d)** 17 vezes.

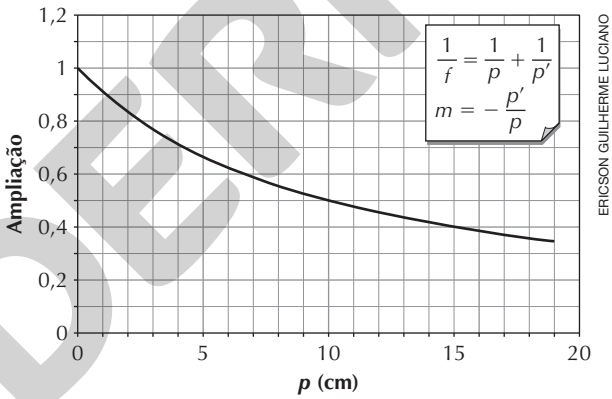
4. (Mackenzie-SP) Dispõe-se de um espelho convexo de Gauss, de raio de curvatura R. Um pequeno objeto colocado diante desse espelho, sobre seu eixo principal, a uma distância R de seu vértice V, terá uma imagem conjugada situada no ponto P desse eixo. O comprimento do segmento VP é:

a) $R/4$ **b)** $R/3$ **c)** $R/2$ **d)** R **e)** $2R$

5. Um objeto luminoso está a 10 cm de distância de um espelho esférico convexo, cuja distância focal é de 15 cm. Determine as características da imagem formada e o aumento linear transversal.

6. Para examinar uma pedra preciosa, um joalheiro usou uma lente para criar uma imagem virtual 11 vezes maior que o objeto. Qual é o tipo da lente utilizada? Calcule a distância entre a pedra e a lente, sabendo que o foco tem 2,2 cm (em módulo).

7. (PUC-PR) A equação de Gauss relaciona a distância focal (f) de uma lente esférica delgada com as distâncias do objeto (p) e da imagem (p') ao vértice da lente. O gráfico dado mostra a ampliação (m) da imagem em função da distância do objeto para uma determinada lente delgada.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Se o objeto estiver a 6 cm da lente, a que distância a imagem se formará da lente e quais as suas características?

a) Será formada a 3,75 cm da lente uma imagem virtual, direita e menor.

b) Será formada a 30 cm da lente uma imagem real, direita e menor.

c) Será formada a 30 cm da lente uma imagem virtual, invertida e menor.

d) Será formada a 3,75 cm da lente uma imagem real, direita e maior.

e) Será formada a 3,75 cm da lente uma imagem virtual, invertida e menor.

8. Uma vela com 15 cm de altura está em frente a uma lente esférica divergente, com distância focal de 10 cm. Faça a construção geométrica do arranjo e determine as características da imagem, sabendo que o objeto está a 40 cm da lente.

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

Registre em seu caderno

O que é medir? Como expressar corretamente o resultado de uma medição?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 6; 7
Habilidades: EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT306; EM13MAT313

Reflita sobre as questões acima e registre suas ideias. Em seguida, leia o texto e responda às questões.

A necessidade de medir sempre existiu e, por muito tempo, cada povo teve seu próprio sistema de medições, feitas de forma arbitrária e imprecisa, baseando-se em partes do corpo humano, como palma, pé, polegar etc.

Nas pesquisas científicas, a coleta de dados é uma das etapas em que é preciso planejamento e atenção para realizar todas as medições de forma correta, de modo que os resultados sejam os mais confiáveis possível, e isso exige tempo e dedicação dos cientistas. A parte da Ciência que estuda as medições e suas aplicações é a **Metrologia** (do grego, *metron* = medida e *logos* = estudo).

Atualmente, o Escritório Internacional de Pesos e Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*, BIPM), com sede na França, é uma das três organizações responsáveis por coordenar e promover o Sistema Internacional de Unidades (SI, do francês *Système International d'Unités*). O SI se baseia no Sistema Internacional de Grandezas (ISQ, do inglês *International System of Quantities*), que, por sua vez, visa à universalização e uniformização dos padrões de medição não só nos campos da Ciência, mas também em todas as atividades humanas. Por isso, a Metrologia adota termos técnicos convencionados, permitindo o entendimento comum, usando documentos normativos, como o Vocabulário Internacional da Metrologia – Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos associados, conhecido como VIM, e o Guia para a Expressão de Incerteza de Medição (GUM, do inglês *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*).

De acordo com o GUM, uma medição é o "conjunto de operações que tem por objetivo determinar um **valor de uma grandeza**", e por grandeza devemos entender todo "atributo de um fenômeno, corpo ou substância que pode ser qualitativamente distinguido e quantitativamente determinado". O SI divide as grandezas em duas categorias: as de base (**Tab. 1**) e as derivadas.

Tabela 1 Grandezas de base

Grandeza de base	Unidade de base
Comprimento (*l*)	metro (m)
Massa (*m*)	quilograma (kg)
Tempo (*t*)	segundo (s)
Corrente elétrica (*i*)	ampere (A)
Temperatura termodinâmica (*T*)	kelvin (K)
Quantidade de substância (*n*)	mol (mol)
Intensidade luminosa (I_v)	candela (cd)

Fonte: BIPM. *Le Système International d'Unités*. 9. ed. Sèvres, 2019. Disponível em: <https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

Outros atributos, como volume, são designados como **grandezas derivadas**.

Os resultados das medições, ou seja, os valores atribuídos a elas, são, na maioria das vezes, expressos por um número multiplicado por uma unidade de medida. Em outras palavras, o valor de uma grandeza indica quantas vezes o atributo medido é maior ou menor que um padrão. Por exemplo, as canetas esferográficas comuns têm cerca de 15 centímetros de comprimento com a tampa. Essa medida pode ser indicada como $l = 15$ cm, em que l representa a grandeza comprimento e 15 cm representa o valor do comprimento, que deve ser entendido como **15 · 1 cm** (ou 15 vezes o padrão adotado como centímetro).

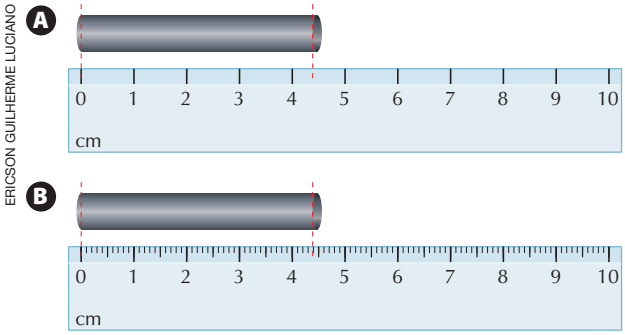
Dessa forma, podemos deduzir que uma medição, mesmo que seja feita por um equipamento eletrônico, como as balanças e os termômetros, analógicos ou digitais, é um ato de comparação, e isso deve ser levado em consideração durante a coleta de dados.

Supondo que seja necessário medir as dimensões de uma sala de aula, quais instrumentos podem ser utilizados nessa tarefa? Na lista podem estar: régua, fita métrica, trena, medidor de distâncias a *laser* e até mesmo alguns aplicativos de celular, e a escolha pode ser feita em razão da resolução e da facilidade em realizar a tarefa, por exemplo. Mas e se fosse necessário medir a espessura de uma agulha? Ou a de um fio de cabelo? Certamente, nenhum desses instrumentos seria apropriado, pois não apresentam sensibilidade suficiente para esse tipo de medição.

A **resolução** corresponde à capacidade do equipamento de distinguir dois sinais próximos (ou duas medidas similares). Ela é um fator importante para garantir a exatidão ou acurácia das medidas e que a variabilidade das medições possa ser mais bem observada. Já a **sensibilidade** ou **limite de detecção** corresponde à menor quantidade de componente de uma amostra, que pode ser detectada, porém não quantificada, por um equipamento com certo nível de confiança. Na **figura 1 A**, temos a medição de um cilindro feita por uma régua centimétrica. Nessa medição, podemos atribuir $l = 4{,}2$ cm, $l = 4{,}3$ cm ou ainda $l = 4{,}4$ cm como valores prováveis para o comprimento do cilindro. Note que o algarismo 4 pode ser verificado diretamente no instrumento, mas os algarismos decimais, 2, 3 ou 4, devem ser estimados por meio de observação. Já na **figura 1 B**, temos o mesmo cilindro medido por uma régua milimétrica. Dessa vez, podemos indicar $l = 4{,}35$ cm, pois a resolução da régua nos permite ler diretamente os algarismos 4 e 3 e estimar o algarismo 5, atribuindo uma segunda casa decimal ao valor da medida.

Continua

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



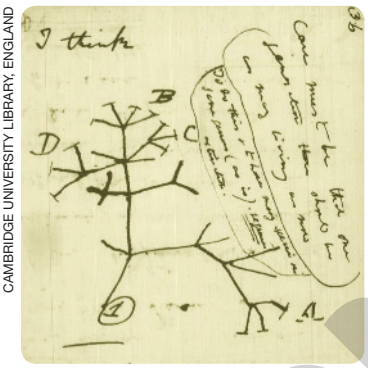
ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 1 **(A)** Representação esquemática de medição de um cilindro feita com régua centimétrica. **(B)** A mesma medição feita com régua milimétrica.

Desse modo, podemos afirmar que, quanto maior a resolução do instrumento de medida, maior é a precisão e menor a **incerteza** associada às medições. A régua centimétrica traz uma incerteza aproximada de $\pm$ 0,5 cm, enquanto na régua milimétrica a incerteza é dez vezes menor, de $\pm$ 0,05 cm. Nos equipamentos de medição eletrônicos, a incerteza também existe e é expressa como $\pm$ 1 no último dígito mostrado no visor. Assim, podemos concluir que, para expressar corretamente o valor de uma medida, o instrumento de medição deve indicar todos os **algarismos significativos**. Por definição, os algarismos significativos formam um número em que aparecem todos os dígitos certos e o primeiro dígito incerto. No exemplo da régua centrimétrica, o valor $l = 4{,}3$ cm tem dois algarismos significativos: o dígito 4, que é o algarismo certo (ou conhecido), e o 3, que é o incerto (ou duvidoso). Já com a régua milimétrica, o valor $l = 4{,}35$ cm indica três algarismos significativos, sendo dois deles conhecidos, o 4 e o 3, e um incerto, o 5.

Na expressão dos resultados de medições, devemos ter em mente que todos os dígitos zero escritos à esquerda do primeiro algarismo conhecido não são significativos, pois indicam apenas a utilização de um múltiplo da unidade de medida posicionando adequadamente a vírgula nesse novo valor. Por exemplo, ao expressarmos as medições ilustradas na **figura 1** em metros, temos $l = 0{,}043$ m e $l = 0{,}0435$ m, respectivamente; o primeiro valor continua com dois algarismos significativos e o segundo, com três. Por fim, nos números escritos em **notação científica** ($x \cdot 10^y$, em que $1 \leqslant x < 10$), os dígitos zero escritos à direita são sempre significativos.

Além de todos os cuidados com as medições realizadas na coleta de dados, os pesquisadores necessitam de um registro detalhado de todas as informações obtidas. Essas anotações podem ser feitas em diferentes suportes (físicos ou digitais). Entre os cientistas experimentais (que realizam pesquisas em laboratórios) é habitual o uso de um livro de anotações, em que são descritos antecipadamente os procedimentos e as metodologias a serem executados nas bancadas. Com isso, evita-se que documentos que poderiam ser danificados ou, de alguma forma, contaminados durante os experimentos precisem ser manuseados. Nos livros de anotações são feitos ainda, de forma rápida, os primeiros registros das observações e dos resultados obtidos experimentalmente. Por essa razão, nem sempre os registros são organizados, tampouco podem ser totalmente compreendidos por um leitor externo, como podemos perceber nas páginas de um caderno usado pelo geólogo e biólogo britânico Charles Darwin (1809-1882) (**Fig. 2**).



CAMBRIDGE UNIVERSITY LIBRARY, ENGLAND

Figura 2 Anotações em que Darwin esquematiza a *Árvore da vida*.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Com base nos exemplos de medição do cilindro descritos no texto, seria possível atribuir o valor $l = 4{,}25$ cm para o cilindro utilizando a régua centimétrica?
2. Suponha que a massa de um mesmo objeto tenha sido medida em duas balanças diferentes, tendo como resultados $m = 0{,}35$ kg e $m = 0{,}350$ kg. Esses resultados são iguais? O que isso significa?
3. Leia o texto e responda às questões.

Pesos e medidas

Dois pesos e duas medidas! É a frase comumente usada para contestar um julgamento com critérios diferentes e injustiça flagrante para um dos lados. Como as leis, os pesos e as medidas devem ser iguais para todos. Como as leis, eles raramente são. Não que exista quilograma pobre e quilograma rico, ou que o metro varie de comprimento de acordo com a conveniência de quem mede. Mas é notório que certas coisas pesam mais e têm outra dimensão contra alguns do que contra outros.

Fonte: VERÍSSIMO, F. Pesos e medidas. *O Estado de S. Paulo*, 27 mar. 2008.

a) Os pesos e medidas a que se refere o texto acima estão relacionados ao texto da seção?

b) A sentença "ou que o metro varie de comprimento de acordo com a conveniência de quem mede" expressa o que acontece na medição de uma grandeza? Explique.

c) Retome as observações registradas durante a leitura da seção e escreva um texto discursivo sobre a questão "O que é medir?", traçando um paralelo com o texto acima.

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

EM OBRA

Registre em seu caderno

Como prevenir acidentes de trânsito?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 4; 6; 7; 9; 10
Habilidades: EM13CNT306; EM13LGG103; EM13LGG301; EM13LGG302; EM13LP05; EM13LP07

Uma das formas de tomar uma decisão bem embasada é comparar e contrastar ideias, opções, cenários, problemas, produtos etc. Esse processo de análise faz parte da atividade científica, principalmente porque ajuda a ampliar o entendimento de um tópico, deixando o leitor mais consciente do tema abordado.

O verbo "comparar" é usado no dia a dia em sentido amplo, para designar a busca de semelhanças e diferenças entre dois ou mais elementos. Aqui, no entanto, o utilizaremos em um sentido mais estrito, o de procura por afinidades, empregando o verbo "contrastar" na investigação dos aspectos divergentes de um determinado tema.

Em um texto do tipo **comparação** e **contraste**, faz-se um balanço das diferentes partes daquilo que está sob análise. Isso facilita que se apontem qualidades e deficiências, aspectos positivos e negativos, além de mostrar conexões e propiciar a criticidade.

Exploraremos, nesta seção, algumas estratégias que auxiliam na elaboração de um texto dessa modalidade, considerando que a reflexão sobre diferentes pontos de vista oferece uma percepção mais clara sobre o que se examina. O tema será a prevenção de acidentes de trânsito, já que as Ciências Forenses colaboram para esclarecer as causas dessas ocorrências, fornecendo aos órgãos de trânsito informações seguras para fundamentar as medidas adotadas.

Sugestões de textos complementares para ajudar na compreensão de alguns dos argumentos apresentados na Unidade podem ser encontradas no Suplemento para o professor.

1. Reúna-se em dupla com um colega para analisar as frases a seguir. Indiquem os itens em que há comparações e contrastes. Notem que uma mesma frase pode apresentar ambas as características em diferentes trechos.

a) Enquanto motoristas são penalizados pela indústria da multa, pedestres e ciclistas, que também são responsáveis pelos acidentes, são pouco fiscalizados.

b) A aplicação de multas surte efeitos imediatos, não apenas por conscientizar motoristas por meios eficazes, mas também por poder resultar em consequências mais duradouras e até permanentes.

c) A interpretação de que a redução do limite de velocidade em vias expressas torna o trânsito mais lento diverge dos dados observados, segundo os quais o trânsito se torna mais fluido em decorrência da menor distância média entre os carros.

d) Em vez das freadas bruscas que podem ocorrer quando os carros estão em alta velocidade, o que aumenta o risco de acidentes é a não observância da menor distância necessária para freá-los em velocidade moderada.

e) Ainda que a velocidade desempenhe algum papel na redução de acidentes fatais, a educação para o trânsito é ainda uma medida muito eficaz.

f) Perde-se de vista que os motoristas freiam bruscamente diante dos radares, o que aumenta o risco de acidentes, ao passo que o debate se concentra nas freadas ocasionais.

g) Da mesma forma que se preocupam com mais radares, os órgãos de trânsito deveriam tapar buracos e melhorar a sinalização, pois essas são medidas mais eficazes para a segurança no trânsito do que a simples redução da velocidade.

h) Embora seja importante avaliar os impactos dos limites de velocidade sobre os números de acidentes, melhorar a qualidade das rodovias e a sinalização tem efeitos mais rápidos.

i) Investir na melhoria das estradas é fundamental; contudo, a redução da velocidade é a única forma eficaz de reduzir as mortes no trânsito.

j) Confrontados com os acidentes automobilísticos em velocidades maiores, aqueles que ocorrem com menor velocidade são menos severos.

k) A letalidade dos acidentes será maior quanto maior for a velocidade permitida em uma via.

l) Não só motoristas, mas também os pedestres e ciclistas são responsáveis pela segurança no trânsito.

m) Se por um lado os novos veículos são mais velozes e, sob esse aspecto, mais perigosos, por outro eles dispõem de dispositivos tecnológicos de segurança bem mais sofisticados.

n) Tanto em Londres como em São Paulo, a redução do limite de velocidade diminuiu o número de mortes provocadas por acidentes de trânsito.

Continua

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

EM MODERAÇÃO

o) Em comparação com algumas vias de Londres com limite de velocidade de 32 km h^{-1}, em certas vias expressas de São Paulo, semelhantes a elas, a velocidade máxima varia entre 64 km h^{-1} e 80 km h^{-1}.

2. Com base nas respostas à questão anterior, ainda em duplas, façam o que se pede.

a) Elaborem um quadro com palavras e/ou expressões que foram usadas para comparar e contrastar.

b) Apresentem pelo menos três novas opções de palavras e/ou expressões que podem ser usadas para comparar e contrastar.

Uma ferramenta visual usada para definir semelhanças e diferenças é o diagrama ou **gráfico de Venn (Fig. 1)**. Em cada círculo desse diagrama são colocados os aspectos divergentes. Na interseção dos conjuntos, colocam-se os aspectos comuns. Como exemplo, vamos contrastar e comparar argumentos relacionados ao seguinte tema: controle *antidoping* nos esportes.

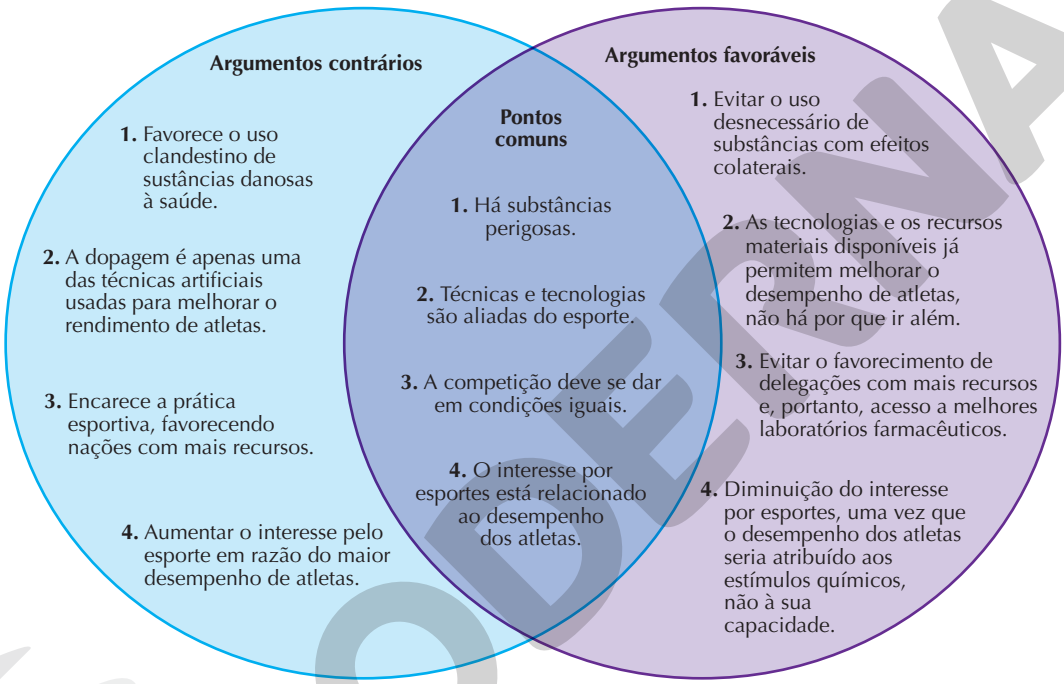


Figura 1 Diagrama de Venn com exemplos de posicionamentos relacionados ao controle *antidoping* nos esportes.

3. Em duplas, releiam as frases da questão 1. Em seguida, façam o que se pede.

a) Separem-nas conforme as respostas à pergunta *Como prevenir acidentes de trânsito?*. Para isso, reflitam sobre quais dessas sentenças poderiam representar (i) o posicionamento de pessoas que são a favor da redução da velocidade em vias de tráfego para diminuir acidentes, (ii) o posicionamento de pessoas que são contra a redução da velocidade como meio para diminuir acidentes e (iii) ideias relacionadas à segurança no trânsito que independem da velocidade e podem ser apontadas como pontos comuns aos dois lados.

b) Organizem a resposta ao item *a* usando o diagrama de Venn.

Um texto do tipo comparação e contraste pode ter formatos variados e, como ocorre com outros tipos de texto, a prática leva à proficiência na escrita. É possível, entretanto, usar um formato preestabelecido para facilitar suas primeiras produções nesse gênero.

Na **introdução**, o parágrafo inicial, apresenta-se o tema e indicam-se quais os pontos a serem contrastados e comparados. Ao longo do **desenvolvimento**, parágrafos que sucedem a introdução são apresentados todos os pontos, de comparação e de contraste, em detalhes. Pelo menos um parágrafo deve ser destinado a cada ponto de comparação e de contraste para enriquecer o texto. Por fim, na **conclusão**, parágrafo final, são retomadas as ideias-chave do texto, reforçando a posição defendida que foi apresentada no parágrafo introdutório e o que há de semelhante e de diferente entre os aspectos analisados.

Além da preocupação com a forma, espera-se que haja coerência na definição dos aspectos a serem comparados e contrastados, de modo que fiquem claros para o leitor. Imagine, por exemplo, que vamos analisar os seguintes aspectos dos automóveis: acessórios de entretenimento e espaço útil. Não seria eficaz analisarmos essas características em alguns automóveis, mas em outros destacarmos a segurança e a presença de ar-condicionado. Na definição

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

MODENA

Continua

Continuação

4. Os estudantes podem usar a sugestão de estrutura apresentada anteriormente; as palavras e/ou expressões das questões 1 e 2; a síntese elaborada pela turma na questão 3 e/ou outros argumentos para serem comparados e contrastados.

do que se pretende comparar e contrastar, vale refletir sobre o que é relevante, interessante e informativo.

4. Com base nas discussões anteriores, elabore, individualmente, um texto do tipo **comparação** *e* **contraste** sobre a redução da velocidade em vias de tráfego como forma de reduzir acidentes. O texto deve ter entre 15 e 20 linhas e ser produzido em uma folha avulsa.

5. Seguindo as instruções do professor, avalie o texto entregue por um colega. Indique se o texto que você recebeu tem as características listadas a seguir.
   a) O texto faz uso de uma estrutura do tipo comparação e contraste?
   b) As palavras e/ou expressões que indicam comparação e contraste foram usadas corretamente?
   c) Os aspectos abordados sobre a prevenção de acidentes no trânsito são os mais adequados à comparação e ao contraste propostos?
   d) Os parágrafos apresentam claramente os pontos que estão sendo comparados e contrastados?
   e) Os critérios comparados e contrastados entre os diferentes posicionamentos sobre a prevenção de acidentes de trânsito são coerentes?
   f) O texto apresenta argumentos para os pontos analisados?
   g) A conclusão retoma as principais ideias do autor?
   h) O texto está claro?
   - Agora, com base em sua análise, elabore um parecer sobre o texto analisado contendo de 5 a 10 linhas.

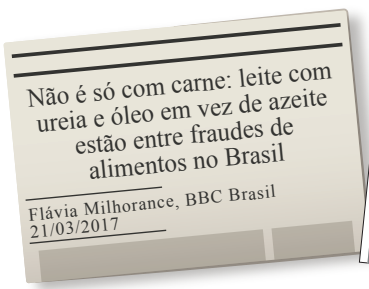
6. Avalie o texto que você produziu na questão 4, com base nas sugestões que recebeu de seu colega na atividade anterior. O que você pode fazer para melhorá-lo?

Valores e atitudes

Registre em seu caderno

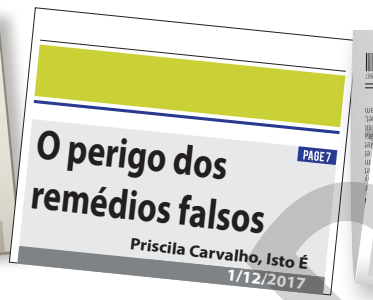
Por dentro da BNCC

Competências gerais: 6; 7; 8; 10
Habilidades: EM13CNT104; EM13CNT306; EM13LP27; EM13CHS501


Não é só com carne: leite com ureia e óleo em vez de azeite estão entre fraudes de alimentos no Brasil

Flávia Milhorance, BBC Brasil
21/03/2017

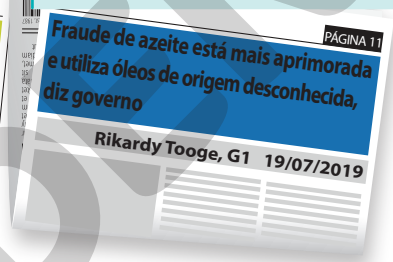
Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39325884>. Acesso em: 27 ago. 2020.


O perigo dos remédios falsos

PAGE 7

Priscila Carvalho, Isto É
1/12/2017

Disponível em: <https://istoe.com.br/o-perigo-dos-remedios-falsos/>. Acesso em: 27 ago. 2020.


Fraude de azeite está mais aprimorada e utiliza óleos de origem desconhecida, diz governo

PÁGINA 11

Rikardy Tooge, G1 19/07/2019

Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/07/19/fraude-de-azeite-esta-mais-aprimorada-e-utiliza-oleos-de-origem-desconhecida-diz-governo.ghtml>. Acesso em: 27 ago. 2020.

1. Analise as manchetes, retome a discussão feita na abertura da Unidade e responda às questões.
   a) Você e sua família já consumiram, ou conhecem alguém que já consumiu, um produto que depois se descobriu estar adulterado?
   b) Como a adulteração de produtos afeta os consumidores e qual é a importância de sua divulgação?
   c) Por que os casos de adulteração de produtos são tão recorrentes e como a divulgação desses casos na mídia afeta os produtores?
   d) Quais cuidados devemos tomar ao comprar algum produto e como podemos conscientizar a população acerca desses cuidados?
2. Qual é a importância do trabalho dos peritos técnicos?

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 análise forense?
- O que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?

ADILSON SECCO

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

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

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

1																	18
1 H hidrogênio 1,008	2		legenda: número atômico **símbolo** nome massa atômica									13	14	15	16	17	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

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

Tabela para consulta

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. (editor da versão para internet) *Handbook of Chemistry and Physics*. 96. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

MODERNA

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

Respostas

UNIDADE 1

Tema 1

1. c
2. b
3. a
4. a
5. d
6. d
7. a
8. c
9. a
10. e
11. e
13. c

Tema 2

1. d
2. d
3. d
4. d
7. b
8. c

Tema 3

1. b
2. b
3. d
4. e
5. a) $R = 40\ \Omega$
   b) $R = 7{,}5\ \Omega$
   c) $R = 50\ \Omega$
   d) $R = 10\ \Omega$
   e) $R = 70\ \Omega$
6. c
7. c
8. c
9. a
10. b

Tema 4

1. a
2. a
3. a
5. 01 + 02 + 04 + 16 = 23
6. a
7. 01 + 04 + 16 = 21
8. a

Tema 5

1. b
2. d
3. d
8. b
9. b
10. c
11. c
12. a) $m(Zn) = 15$
    b) $i \approx 32{,}7$ A

Tema 6

2. b
3. c
5. e
8. d
9. a) 650-950 nm

UNIDADE 2

Tema 1

1. e
2. e
7. Verdadeiras: I e III
8. $t \approx 51$ min
9. V = 454,2 mL
10. b) $HCl(aq) + KOH(aq) \longrightarrow KCl(aq) + H_2O(l)$
    c) c(inicial) = 0,25 mol L^{-1}

Tema 2

2. $Pb(IO_3)_2$
4. $[CaSO_4] \approx 4{,}9 \cdot 10^{-3}$ mol L^{-1}
5. d
6. $K_s(AgCl) \approx 1{,}32 \cdot 10^{-9}$
8. e
9. d

Tema 3

1. c
3. c
5. b
6. b
7. b
8. d

Tema 4

1. $Q = 3 \cdot 10^4$ kg m s^{-1}
2. $I = 100$ N s
3. $I = 90$ N s
4. $v_{final} \simeq 0{,}46$ m s^{-1}
5. $v_{A(final)} = -\frac{5}{2}$ m s^{-1};
   $v_{B(final)} = \frac{9}{2}$ m s^{-1}
6. $v_{máq(final)} \simeq -0{,}065$ m s^{-1}
7. $v_{A(final)} = -\frac{17}{3}$ m s^{-1};
   $v_{B(final)} = \frac{7}{3}$ m s^{-1}
8. b
9. a
10. b

Tema 5

1. e
2. c
3. b
4. b
5. Virtual, menor e direita; A = 0,6
6. $p = 2$ cm
7. a

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

MODERNA

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.

EM 13 CNT 103

O primeiro par de letras indica a etapa de **Ensino Médio**.

O primeiro par de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio, conforme definição dos currículos.

A segunda sequência de letras indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras):
LGG = Linguagens e suas Tecnologias
LP = Língua Portuguesa
MAT = Matemática e suas Tecnologias
CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CHS = Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e a sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois números).

Vale destacar que o uso de numeração sequencial para identificar as habilidades não representa uma ordem ou hierarquia esperada das aprendizagens, em função de seus contextos locais.

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.

EDIÇÃO 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.
(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.
(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.
(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).
(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.
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).
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Continua

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

EM MODERNA

Continuação

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

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.
(EM13CHS102) Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos.
Competência específica 2 Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão dos processos sociais, políticos, econômicos e culturais geradores de conflito e negociação, desigualdade e igualdade, exclusão e inclusão e de situações que envolvam o exercício arbitrário do poder.
(EM13CHS202) Analisar e avaliar os impactos das tecnologias na estruturação e nas dinâmicas das sociedades contemporâneas (fluxos populacionais, financeiros, de mercadorias, de informações, de valores éticos e culturais etc.), bem como suas interferências nas decisões políticas, sociais, ambientais, econômicas e culturais.
Competência específica 5 Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.
(EM13CHS501) Analisar os fundamentos da ética em diferentes culturas, tempos e espaços, identificando processos que contribuem para a formação de sujeitos éticos que valorizem a liberdade, a cooperação, a autonomia, o empreendedorismo, a convivência democrática e a solidariedade.
(EM13CHS502) Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.
Competência específica 6 Participar do debate público de forma crítica, respeitando diferentes posições e fazendo escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
(EM13CHS601) Identificar e analisar as demandas e os protagonismos políticos, sociais e culturais dos povos indígenas e das populações afrodescendentes (incluindo as quilombolas) no Brasil contemporâneo considerando a história das Américas e o contexto de exclusão e inclusão precária desses grupos na ordem social e econômica atual, promovendo ações para a redução das desigualdades étnico-raciais no país.

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.
(EM13MAT102) Analisar tabelas, gráficos e amostras de pesquisas estatísticas apresentadas em relatórios divulgados por diferentes meios de comunicação, identificando, quando for o caso, inadequações que possam induzir a erros de interpretação, como escalas e amostras não apropriadas.
(EM13MAT103) Interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas ou não pelo Sistema Internacional (SI), como as de armazenamento e velocidade de transferência de dados, ligadas aos avanços tecnológicos.
Competência específica 3 Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente.
(EM13MAT311) Identificar e descrever o espaço amostral de eventos aleatórios, realizando contagem das possibilidades, para resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo da probabilidade.
(EM13MAT312) Resolver e elaborar problemas que envolvem o cálculo de probabilidade de eventos em experimentos aleatórios sucessivos.
(EM13MAT313) Utilizar, quando necessário, a notação científica para expressar uma medida, compreendendo as noções de algarismos significativos e algarismos duvidosos, e reconhecendo que toda medida é inevitavelmente acompanhada de erro.

Continua

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

MODERNA

Continuação

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.
(EM13MAT405) Utilizar conceitos iniciais de uma linguagem de programação na implementação de algoritmos escritos em linguagem corrente e/ou matemática.

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.
(EM13LGG103) Analisar o funcionamento das linguagens, para interpretar e produzir criticamente discursos em textos de diversas semioses (visuais, verbais, sonoras, gestuais).
Competência específica 2 Compreender os processos identitários, conflitos e relações de poder que permeiam as práticas sociais de linguagem, respeitando as diversidades e a pluralidade de ideias e posições, e atuar socialmente com base em princípios e valores assentados na democracia, na igualdade e nos Direitos Humanos, exercitando o autoconhecimento, a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, e combatendo preconceitos de qualquer natureza.
(EM13LGG204) Dialogar e produzir entendimento mútuo, nas diversas linguagens (artísticas, corporais e verbais), com vistas ao interesse comum pautado em princípios e valores de equidade assentados na democracia e nos Direitos Humanos.
Competência específica 3 Utilizar diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais) para exercer, com autonomia e colaboração, protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva, de forma crítica, criativa, ética e solidária, defendendo pontos de vista que respeitem o outro e promovam os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável, em âmbito local, regional e global.
(EM13LGG301) Participar de processos de produção individual e colaborativa em diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais), levando em conta suas formas e seus funcionamentos, para produzir sentidos em diferentes contextos.
(EM13LGG302) Posicionar-se criticamente diante de diversas visões de mundo presentes nos discursos em diferentes linguagens, levando em conta seus contextos de produção e de circulação.
Competência específica 7 Mobilizar práticas de linguagem no universo digital, considerando as dimensões técnicas, críticas, criativas, éticas e estéticas, para expandir as formas de produzir sentidos, de engajar-se em práticas autorais e coletivas, e de aprender a aprender nos campos da ciência, cultura, trabalho, informação e vida pessoal e coletiva.
(EM13LGG701) Explorar tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), compreendendo seus princípios e funcionalidades, e utilizá-las de modo ético, criativo, responsável e adequado a práticas de linguagem em diferentes contextos.
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.
(EM13LP07) Analisar, em textos de diferentes gêneros, marcas que expressam a posição do enunciador frente àquilo que é dito: uso de diferentes modalidades (epistêmica, deôntica e apreciativa) e de diferentes recursos gramaticais que operam como modalizadores (verbos modais, tempos e modos verbais, expressões modais, adjetivos, locuções ou orações adjetivas, advérbios, locuções ou orações adverbiais, entonação etc.), uso de estratégias de impessoalização (uso de terceira pessoa e de voz passiva etc.), com vistas ao incremento da compreensão e da criticidade e ao manejo adequado desses elementos nos textos produzidos, considerando os contextos de produção.
(EM13LP15) Planejar, produzir, revisar, editar, reescrever e avaliar textos escritos e multissemióticos, considerando sua adequação às condições de produção do texto, no que diz respeito ao lugar social a ser assumido e à imagem que se pretende passar a respeito de si mesmo, ao leitor pretendido, ao veículo e mídia em que o texto ou produção cultural vai circular, ao contexto imediato e sócio-histórico mais geral, ao gênero textual em questão e suas regularidades, à variedade linguística apropriada a esse contexto e ao uso do conhecimento dos aspectos notacionais (ortografia padrão, pontuação adequada, mecanismos de concordância nominal e verbal, regência verbal etc.), sempre que o contexto o exigir.
(EM13LP27) Engajar-se na busca de solução para problemas que envolvam a coletividade, denunciando o desrespeito a direitos, organizando e/ou participando de discussões, campanhas e debates, produzindo textos reivindicatórios, normativos, entre outras possibilidades, como forma de fomentar os princípios democráticos e uma atuação pautada pela ética da responsabilidade, pelo consumo consciente e pela consciência socioambiental.

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.

EM MODERNA

Bibliografia

ALBERTS, J. *et al*. *Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

O livro aborda os conceitos da Biologia celular de forma clara e com propostas para um aprendizado investigativo.

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Este livro apresenta os conceitos fundamentais estudados em Química.

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Este livro apresenta os conceitos fundamentais estudados em Química.

AVCI, P. *et al*. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Seminars in Cutaneous Medicine and Surgery*. v. 32, n. 1, 2013.

O artigo aborda o aumento da utilização de terapia a *laser* de baixo nível nos tratamentos de pele e em diferentes testes dermatológicos.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Convenção sobre biodiversidade biológica*. Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_dpg/_arquivos/cdbport.pdf >. Acesso em: 26 ago. 2020.

O documento traz a definição de diversidade biológica, levando em consideração o seu valor intrínseco e os valores ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético.

BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. Tradução Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

O livro apresenta os conceitos da Química, estimulando os estudantes a pensar como pesquisadores.

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.

O livro apresenta os conceitos da Química, estimulando os estudantes a pensar como pesquisadores.

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.

CARBINATO, B. Por que sequenciar o genoma do novo coronavírus é importante. *Superinteressante,* 25 mar. 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-sequenciar-o-genoma-do-novo-coronavirus-e-importante/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O texto trata da importância de conhecer o genoma do SARS-Cov-2 para detectar mutações e buscar uma vacina.

CLANCY, A. J. *et al*. Charged Carbon Nanomaterials: Redox Chemistries of Fullerenes, Carbon Nanotubes, and Graphenes. *Chemical Reviews*, v. 118, p. 7363-7408, 2018.

O artigo de revisão reúne estudos publicados sobre a história, as aplicações e as formas estruturais de alótropos de carbono.

CLARK, M. A.; DOUGLAS, M.; CHOI, J. *Biology*. 2. ed. Houston: OpenStax, 2018. Disponível em: <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/17-1-biotechnology>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O livro apresenta os conceitos fundamentais da Biologia básica na perspectiva evolutiva.

CRUZ, F. B. Como funciona o armazenamento em nuvem? *Superinteressante*, 4 jul. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-armazenamento-em-nuvem/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O artigo mostra como funciona o armazenamento de dados em um HD a quilômetros de distância dos computadores físicos.

DAZZANI, M.; CORREIA, P. R. M. Explorando a química na determinação do teor de álcool na gasolina. *Química Nova na Escola*, n. 17, maio 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a11.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O artigo apresenta um roteiro de aula experimental que tem como objetivo avaliar a quantidade de álcool presente em amostras de gasolina, utilizando a análise de volume e densidade.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P.C. Cromatografia um breve ensaio. *Química Nova na Escola*. n. 7, p. 21-25. 1998.

O artigo aborda os conceitos básicos dos diferentes tipos de análise cromatográfica.

FERREIRA H. S.; RANGEL M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. *Química Nova*. v. 32, n. 7, 2009.

O artigo faz um levantamento sobre os conceitos envolvidos na síntese e na aplicação de nanocatalisadores.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *The Feynman Lectures on Physics*. 2. ed., Addison Wesley, 2005. v. 3.

O livro reúne o conteúdo das aulas ministradas por Richard Feynman nos anos 1960 aos seus alunos do Instituto de Tecnologia da Califórnia.

GENOME Unlocking Life's Code. *Marshall Nirenberg cracks the genetic code for protein synthesis*. Disponível em: <https://unlockinglifescode.org/timeline/10>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O *site* apresenta o código genético construído por Marshall Nirenberg, que, em 1968, compartilhou com Har Gobind Khorana e Robert W. Holley o prêmio nobel de Medicina por suas contribuições para entender a síntese proteica.

GREF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 3*: Eletromagnetismo. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2007.

O livro destaca a relevância prática dos assuntos de Física, apresentando exercícios e atividades práticas que envolvem situações do cotidiano.

GREF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 2*: Física térmica e Óptica. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

O livro apresenta assuntos de Física, em especial de Óptica.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al*. *Introdução à Genética*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

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

MODELO

O livro aborda a Genética clássica com diversas imagens que dão suporte ao texto.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*: vol. IV: Óptica e Física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

O livro apresenta como tema principal os fundamentos da Óptica e Física moderna, permitindo a compreensão dos conceitos dessas áreas e suas aplicações.

HEBMÜLLER, P. Pesquisadores discutem ganhos e riscos da alteração do DNA humano. *Jornal da USP*, 24 abr. 2015. Disponível em: <https://www5.usp.br/noticias/ciencias/pesquisadores-discutem-ganhos-e-riscos-da-alteracao-do-dna-humano/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

A matéria jornalística traz a opinião de especialistas sobre os ganhos e os riscos da alteração do DNA humano.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

O livro aborda conceitos e princípios básicos da Física, contendo tópicos como a descrição física da natureza da luz, do momento de uma força, da eletrostática e dos circuitos elétricos.

HUDSON ALPHA. *Genome Editing and CRISPR*. Disponível em: <https://hudsonalpha.org/genome-editing-and-crispr/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O *site em inglês* apresenta os passos da técnica CRISPR de edição do DNA.

JUNIOR, M. A. M. *et al*. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução na nanociência em laboratório de ensino. *Química Nova*, v. 35, n. 9, p. 1872-1878, 2012.

As principais dificuldades encontradas para a realização de síntese e caracterização de nanopartículas de prata e ouro são abordadas nesse artigo, que descreve as estratégias utilizadas em aulas experimentais no laboratório de ensino de Química Inorgânica.

LIDE, D. R. (editor da versão para internet) *Handbook of Chemistry and Physics*. 96. ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.

Manual de referências bibliográficas que compila dados de constantes, resultados experimentais e propriedades físicas e químicas, permitindo ao leitor a consulta de valores de medidas e constantes atualizados pela comunidade científica.

LIMA, B. Conheça as cinco pesquisadoras que sequenciaram o genoma do coronavírus. *Correio brasiliense*, 7 mar. 2020. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/03/08/interna-brasil,832797/conheca-as-5-pesquisadoras-que-sequenciaram-o-genoma-do-coronavirus.shtml>. Acesso em: 26 ago. 2020.

A reportagem conta quem são as pesquisadoras responsáveis pelo sequenciamento do novo coronavírus no Brasil.

MARTINS, M. A.; TRINDADE, T. Os nanomateriais e a descoberta de novos mundos na bancada do químico. *Química Nova*, v. 35, n. 7, 2012.

O artigo aborda os aspectos históricos e as principais rotas de síntese de nanopartículas metálicas, magnéticas, assim como a modificação superficial de nanopartículas inorgânicas.

MEYER, A. *Detetives do DNA*. 1. ed. Rio de Janeiro: Record, 2008.

O livro mostra como o conhecimento e o estudo sobre o DNA podem esclarecer diversos eventos históricos, desde a morte de membros da realeza até epidemias que atingiram e mataram milhares de pessoas no mundo.

MILLER, J.; LEVINE, J. *Biology*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2010.

O livro apresenta o conteúdo geral de Biologia com imagens que facilitam a compreensão do texto.

MOON, P. Branco pelo lado paterno, negro pelo materno. *Agência FAPESP*, 12 abr. 2017. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/branco-pelo-lado-paterno-negro-pelo-materno/25096/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O artigo apresenta a miscigenação da população brasileira, resgatando a história genética de quatro a cinco gerações de membros remanescentes de quilombos.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v. 1.

O livro aborda os fundamentos básicos da Física com uma ampla abordagem conceitual e qualitativa.

PACHECO, S. *et al*. História da cromatografia líquida. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 4, 2015. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v7n4a13.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O artigo explora o desenvolvimento da técnica de cromatografia líquida e seus principais desafios analíticos.

PARK, J. W. Negative-Imaging of Citrate Layers on Gold Nanoparticles by Ligand-Templated Metal Deposition: Revealing Surface Heterogeneity. *Part. Part. Syst. Charact*., p. 1-9, 2018.

O artigo aborda a síntese, a modificação e a análise da heterogeneidade de superfície de nanopartículas de ouro.

PIERCE, B. A. *Genética*: um enfoque conceitual. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

O livro aborda conceitos da área da Genética com imagens que facilitam a compreensão do texto.

PURVES, W. *et al*. *Vida*: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2002.

O livro traz os conteúdos de Biologia com imagens que os tornam mais acessíveis pedagogicamente.

RAVEN, P. *et al*. *Biology*. 10. ed. Nova York: McGraw-Hill Education, 2013.

O livro apresenta o conteúdo geral de Biologia utilizando o método científico e sua contextualização histórica como abordagem.

RAVEN, H. P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

O livro trata do estudo das relações evolutivas e da investigação genômica no entendimento do funcionamento e da diversidade das plantas.

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

MODERNA

SANTOS, E. O algodão colorido conquista mercado internacional da moda. *Embrapa notícias*, 17 mar. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2565547/algodao-colorido-conquista-mercado-internacional-de-moda>. Acesso em: 26 ago. 2020.

A reportagem aborda como o algodão colorido tem conquistado o mercado internacional da moda. Além disso, apresenta os desafios da produção desse material.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. *Princípios de Física*: Eletromagnetismo. São Paulo: Cengage Learning, 2015. v. 3.

O livro apresenta conceitos e princípios básicos do Eletromagnetismo. Aborda também exemplos práticos para demonstrar o papel da Física nas diversas áreas do conhecimento e suas aplicações a situações do cotidiano.

SILVA, D. G.; TOMA, H. E. *Nanotecnologia para todos!* São Paulo, 2018.

A cartilha, distribuída de forma gratuita, tem como objetivo a divulgação de pesquisas da área de Nanotecnologia para leitores de diferentes níveis de formação, além de disponibilizar aos professores um material que poderá ser útil na preparação de aulas sobre esse assunto.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por que todos os nitratos são solúveis? *Química Nova*, v. 27, n. 6, 2004.

A partir de análise das propriedades termodinâmicas, o artigo aborda a solubilidade de nitratos em solução aquosa do ponto de vista micro e macroscópico.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA. *Genética na escola*. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

A revista propõe reflexões sobre temas relacionados à Genética, além de difundir experiências educativas na área da Biologia Molecular.

SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. *Biology*. 5. ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1999.

O livro aborda os conceitos gerais da área das Ciências Biológicas, com perguntas que guiam a leitura e o aprendizado.

STORGATTO, G. A.; BRAIBANTE, M. E. F.; BRAIBANTE H. T. S. A Química na Odontologia. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, 2017.

O artigo aborda desde os conceitos acerca do processamento radiográfico odontológico até a composição de analgésicos e materiais utilizados na restauração dentária.

TAKITANE, J. *et al*. Determination of Amphetamine, Amfepramone and Fenproporex in Urine Samples by HPLC-DAD: Application to a Population of Brazilian Truck Drivers. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 27, n. 3, 2016.

O artigo apresenta o desenvolvimento de uma técnica de análise por cromatografia líquida para a identificação de anfetaminas e outras drogas estimulantes em amostras de urina.

THIEMANM, O. H. A descoberta da estrutura do DNA: de Mendel a Watson e Crick. *Química Nova na Escola*. n. 17, maio, 2003. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/17-a04.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O artigo apresenta as pesquisas que levaram à descoberta do DNA.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Physics for scientists and engineers*. 6. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2008.

O livro é uma coletânea de diversos tópicos da Física. O tema Mecânica pode ser consultado na parte I, o tema Eletromagnetismo, na parte IV, e o tema Luz, na parte V da obra. Todos dispõem de exemplos resolvidos, problemas conceituais e apontamentos de aplicações tecnológicas.

TOMA, H. E. *O mundo nanométrico*: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

O livro apresenta os avanços e os desafios envolvidos na síntese e na aplicação de nanopartículas.

TURGEON, M. L. *Clinical hematology*: theory and procedures. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

O livro aborda as teorias e os procedimentos envolvidos no diagnóstico e no tratamento dos distúrbios sanguíneos e distúrbios da medula óssea.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. *Comissão de Gerenciamento, Tratamento e Destinação de Resíduos Perigosos*. Disponível em: <http://www.resqui.unb.br/download/category/4-informacoes-uteis>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O *site* reúne uma série de protocolos para manuseio e destinação adequada de resíduos perigosos gerados em atividades de ensino, pesquisa e extensão.

VASCONCELLOS, P. C. *et al*. Chromatographic Techniques for Organic Analytes in FORBES, P. B. C. (ed.). *Comprehensive Analytical Chemistry*. Amsterdam: Elsevier, 2015, p. 267-309.

O capítulo do livro descreve o desenvolvimento de novas tecnologias de análise cromatográfica aplicadas à diferentes classes de compostos orgânicos.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002.

O artigo aborda a geração de energia a partir de fontes de energia limpa e renovável, apresentando o funcionamento e as aplicações de células a combustível.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. *Física I, Sears e Zemansky*: Mecânica. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

O livro aborda princípios e conceitos básicos da Física, em especial da área da Mecânica.

ZEMPULSKI, L. N.; ZEMPULSKI, M. F. S. *Dossiê técnico*: galvanização eletrolítica. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (BRT), Instituto de Tecnologia do Pará. Julho, 2007. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTM0>. Acesso em: 26 ago. 2020.

O texto apresenta os procedimentos e técnicas utilizadas na deposição de zinco em superfícies metálicas, detalhando os processos de galvanização e eletrodeposição.

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

MODERNA

MODERNA

ISBN 978-65-5779-054-0

MODERNA