José Mariano Amabis
Gilberto Rodrigues Martho

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

Eduardo Leite do Canto
Laura Celloto Canto Leite

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.
Código da coleção:
0198P21203
Código da obra:
0198P21203133

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

MANUAL DO PROFESSOR

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MODERNA

MODERNA

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

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

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

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

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

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

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

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

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

MODERNA

Coordenação editorial: Fabio Martins de Leonardo, Rita Helena Bröckelmann
Edição de texto: Dino Santesso Gabrielli, Flávia Valério Esteves dos Reis, Jeferson Felix da Silva, Júlio Hisada Pedroni, Marilu Maranho Tassetto, Natalia Leporo Torcato, Caroline Silva de Matos, Felipe Maragni
Assistência editorial: Heloise do Nascimento Calça
Assistência didático-pedagógica: Antônio Carlos Rodrigues de Amorim, Maria Paula Correia de Souza, Maria Carolina Bittencourt, Paulo Alves Porto, Suely Midori Aoki, Tatiana Ferraz Lagana, Zanith Cook
Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula
Coordenação de produção: Patricia Costa
Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Otávio dos Santos, Ana Carolina Orsolin
Capa: Daniel Messias
Foto: Eric Isselee/Shutterstock Detalhe do olho do camaleão-de-três-chifres (*Trioceros jacksonii*). Nativo das florestas úmidas do leste da África, mede cerca de 25 cm.
Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho
Edição de arte: Márcia Cunha do Nascimento
Editoração eletrônica: Setup Editoração Eletrônica
Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo
Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero
Revisão: Érika Kurihara, Nancy H. Dias
Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Flávia Aline de Moraes, Luciana Vieira, Joanna Heliszkowski
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Ademir Francisco Baptista, Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro
Pré-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)

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

Vários autores.
Obra em 6 v.
Conteúdo: O conhecimento científico -- Água e vida -- Matéria e energia -- Humanidade e ambiente -- Ciência e tecnologia -- Universo e evolução

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

20-39975 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

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

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

SUMÁRIO

Orientações gerais sobre a obra

Introdução ..... **IV**

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio ..... **IV**

Pressupostos teórico-metodológicos da coleção e alinhamentos com a BNCC ..... **V**

- O trabalho com competências, habilidades e valores V
- O pensamento crítico em Ciências VI
- Questões socioemocionais nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias VI
- A diversidade de estratégias didáticas VI
- Disciplinas em comunicação VII

Características gerais da coleção ..... **VII**

- Organização geral VII
- Organização dos capítulos VIII
- Estudantes de diferentes perfis IX
- Pensamento computacional X
- Leitura inferencial XI
- TDIC e a educação XI

Planejamento de aula: sugestões de uso da coleção ..... **XII**

- Avaliação XIV

Referências bibliográficas complementares ..... **XIV**

Referências bibliográficas da coleção ..... **XV**

Orientações específicas do volume

Capítulo 1 ..... **XVII**

Capítulo 2 ..... **XX**

Capítulo 3 ..... **XXVIII**

Capítulo 4 ..... **XXXVI**

Capítulo 5 ..... **XLIV**

Capítulo 6 ..... **XLVII**

Capítulo 7 ..... **LIII**

Capítulo 8 ..... **LVII**

Capítulo 9 ..... **LIX**

Capítulo 10 ..... **LXIX**

Capítulo 11 ..... **LXXVI**

Capítulo 12 ..... **LXXX**

Capítulo 13 ..... **LXXXV**

Resoluções das Atividades Finais ..... **LXXXIX**

Referências bibliográficas complementares do volume ..... **C**

MODERNA

Introdução

Neste *Suplemento para o professor* apresentamos esta coleção, estruturada em seis volumes e destinada ao Ensino Médio. Idealizados como instrumentos de apoio didático a professores e estudantes, esses livros têm por objetivo trazer informações e princípios relevantes sobre diversos temas relativos aos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A amplitude dos assuntos que tratamos na obra procura contemplar os conteúdos tradicionalmente trabalhados pelos professores, relacionando-os às competências e às habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O objetivo é que as escolas e os professores possam utilizar os diversos volumes de acordo com seu projeto pedagógico, carga horária disponível e recursos de sua escola. Os temas tratados procuram envolver os estudantes na aventura do conhecimento a fim de capacitá-los a entender e a discutir os alcances e as limitações do empreendimento científico. Nosso projeto visa a desenvolver competências e habilidades relacionadas às Ciências da Natureza que os estudantes possam aplicar, analisar e reconhecer no papel de cidadãos. Esperamos que esta coleção possa ajudá-lo nesse grande desafio.

As Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio

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

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

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

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

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

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

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

REPRODUÇÃO

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

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. […]

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. […]

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). […]

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

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

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

Pressupostos teórico-metodológicos da coleção e alinhamentos com a BNCC

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

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

Ao favorecer o letramento em Ciências, esta coleção também se dispõe a promover e a valorizar o conhecimento científico, já enraizado na cultura contemporânea, associando-o ao respeito aos direitos humanos e ao ambiente, à diversidade cultural, à aprendizagem multidisciplinar e interdisciplinar e ao domínio de novas tecnologias.

O trabalho com competências, habilidades e valores

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

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

MODERNA

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

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

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

O pensamento crítico em Ciências

A educação formal é essencial para que os estudantes tenham acesso às múltiplas leituras possíveis daquilo que se convenciona denominar "realidade", e para que eles possam explicar os fenômenos naturais com base nos princípios norteadores do saber científico e de maneira crítica. De acordo com o relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2017, para que o indivíduo consiga discutir criticamente questões científicas e tecnológicas, ele precisa desenvolver três competências básicas, utilizadas no documento como base do letramento científico:

> A primeira é a capacidade de fornecer explicações para fenômenos naturais, artefatos técnicos e tecnologias e suas implicações para a sociedade. Tal capacidade requer um conhecimento das principais ideias explicativas da Ciência e das questões que emolduram a prática e os objetivos da Ciência. A segunda é a competência para usar um conhecimento e compreender a investigação científica para: identificar questões que podem ser respondidas por investigação científica; identificar se os procedimentos adequados foram utilizados e propor maneiras de eventualmente abordar tais questões. A terceira é a competência para interpretar e avaliar dados e evidências cientificamente e avaliar se as conclusões são justificadas. (OCDE, 2017, p. 21, tradução nossa)

A coleção apresenta diversos fatos cujas explicações foram ou estão sendo construídas com base em experimentos e observações, incluindo seus aspectos de controvérsia. Para propiciar o desenvolvimento de habilidades como essa, os livros trazem a seção **Atividade prática**, em que são propostos experimentos, investigativos ou comprobatórios, e situações que envolvem fazeres práticos. Pode-se usar essa seção para levantar temas e orientar a elaboração de novos significados, ampliando assim os repertórios dos estudantes ou ajudando-os a aplicar conhecimentos e habilidades. Há também a seção **Em destaque**, cujo objetivo é desenvolver a leitura compreensiva de textos que veiculam informações relacionadas com as Ciências da Natureza.

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

Questões socioemocionais nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias

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

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

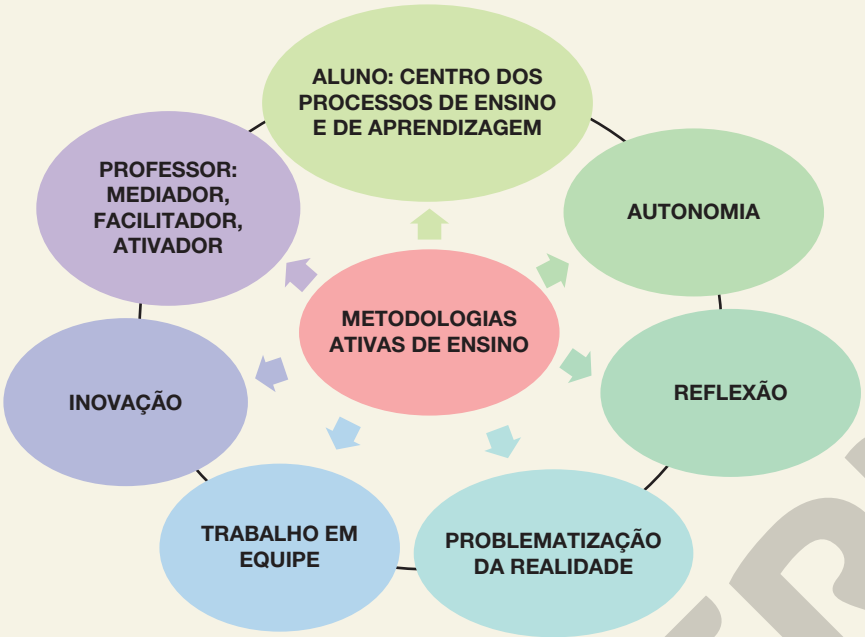
A diversidade de estratégias didáticas

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

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

EDIÇÃO MODERNA

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



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Representação de aspectos e papéis trabalhados com metodologias ativas.

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

Disciplinas em comunicação

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

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

Características gerais da coleção

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

Organização geral

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

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

MODERNA

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

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

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

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

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

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

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

Organização dos capítulos

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

Os capítulos contêm seções que visam a motivar os estudantes, ampliar seus conhecimentos, relacionar o conhecimento científico à vida prática, além de promover a experimentação, o trabalho individual e em grupo e a aplicação dos conhecimentos na solução de problemas e atividades práticas.

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

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

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

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

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

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

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

MODERNA

Estudantes de diferentes perfis

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

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

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

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

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

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Representação dos índices do inventário de Kolb.

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

MODERNA

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

<table>
<tr><th>Experiência concreta</th><th>Observação reflexiva</th><th>Conceituação abstrata</th><th>Experimentação ativa</th></tr>
<tr><td>Exemplos de aula</td><td rowspan="2">Perguntas para reflexão</td><td>Palestras</td><td>Exemplos de aula</td></tr>
<tr><td>Conjuntos de problemas</td><td>Papers</td><td>Laboratórios</td></tr>
<tr><td>Leituras</td><td rowspan="3">Tempestade de ideias (brainstorming)</td><td>Analogias</td><td>Estudos de caso</td></tr>
<tr><td>Filmes</td><td>Leituras de textos</td><td>Tarefas de casa</td></tr>
<tr><td>Simulações</td><td>Projetos</td><td rowspan="2">Projetos</td></tr>
<tr><td>Laboratórios</td><td>Discussões</td><td rowspan="2">Modelos de construção</td></tr>
<tr><td>Observações</td><td>Júris</td><td rowspan="2">Trabalho de campo</td></tr>
<tr><td>Trabalho de campo</td><td>Jornais</td><td>Modelos críticos</td></tr>
</table>

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

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

Pensamento computacional

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

Há uma necessidade crescente de implementar sua abordagem no currículo escolar, a fim de desenvolver nos estudantes a criatividade e a capacidade de definir e resolver problemas que envolvam o reconhecimento de padrões, a divisão do todo em partes de solução mais simples, a automação de rotinas e a tomada de decisões dentro de cenários possíveis. Essa necessidade de implementação promoveu, nos últimos anos, o surgimento de projetos destinados a aplicar atividades de pensamento computacional nas escolas de Ensino Fundamental e Médio. Recentemente, o ensino do pensamento computacional foi incluído na BNCC e, em vez de se criar uma disciplina dedicada a ele, a expectativa é que as habilidades inerentes a ele sejam desenvolvidas em diferentes áreas do conhecimento e trabalhadas transversalmente em contextos variados.

No pensamento computacional, a maneira de abordar uma situação-problema envolve algumas ideias básicas. Uma delas, a *decomposição*, caracteriza-se pela quebra de um problema complexo em partes menores e mais simples de resolver, ideia vinculada à capacidade de análise. Outra ideia é o *reconhecimento de padrões*, que consiste na identificação de similaridades em diferentes processos para solucioná-los de maneira mais eficiente e rápida, permitindo a comparação de problemas novos com os já resolvidos, realizando *generalizações* e viabilizando, quando possível, a aplicação de soluções prévias a novas situações. A *abstração*, outro princípio estruturante do pensamento computacional, refere-se à capacidade de selecionar os elementos relevantes de um problema e considerá-los na sua *modelagem*, enquanto aspectos irrelevantes ou de pequena importância são minorizados. A abstração também envolve a escolha de representações adequadas a serem usadas. Uma outra ideia fundamental é a criação de *algoritmos*, conjuntos de procedimentos, regras e decisões para a resolução de um problema. O raciocínio algorítmico envolve a *definição* das etapas de resolução e inclui a explicitação de rotinas e de etapas a serem repetidas, ambas relacionadas à ideia de automação. O pensamento computacional é, portanto, uma estratégia para avaliar problemas e modelar suas soluções de forma eficiente e, assim, encontrar soluções genéricas para classes inteiras de problemas. Ele pode e deve ser vivenciado de forma integrada às Ciências da Natureza.

MODERNA

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

Leitura inferencial

Como vimos nos pressupostos teórico-metodológicos desta coleção, estratégias diversificadas são essenciais no ensino de Ciências. Uma dessas estratégias é o ensino por investigação, com o uso dos processos comuns ao fazer científico. Atividades de investigação proporcionam aos estudantes a aquisição de novos conhecimentos, levando-os a pensar de maneira lógica sobre os fatos cotidianos e a resolução de problemas práticos. Além de aproximar os estudantes do pensamento científico, tais atividades trazem diversos benefícios ao processo de ensino-aprendizagem, tais como a valorização da experiência cotidiana dos estudantes, o estímulo à leitura, análise e interpretação de textos, além do desenvolvimento de competências de investigação e compreensão.

Os processos que envolvem análise, avaliação e construção de argumentos estão vinculados à linguagem científica. Nossa coleção inclui diversas atividades que incorporam esse pressuposto, em consonância com a proposta da BNCC de desenvolver a capacidade argumentativa e inferencial, seja por meio de argumentos que embasam pontos de vista diferentes para temas científicos não consensuais, seja por meio de contraexemplos. Dentre as atividades que atendem a tal perspectiva, citamos a análise de textos, o debate de pontos de vista distintos, a compreensão de enunciados, a avaliação de problemas e a comunicação de ideias.

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

TDIC e a educação

A sociedade atual é fortemente influenciada pela inserção das tecnologias digitais, que se intensificou nas últimas décadas do século XX e no decorrer do século XXI, levando-nos a repensar sentidos do ensino-aprendizagem no mundo contemporâneo. Desde a homologação da BNCC, a discussão e a implementação do uso da tecnologia educacional vêm ocupando espaço importante nesse debate. Os recursos tecnológicos sempre encontraram um lugar para o desenvolvimento de novas propostas na educação, quer para facilitar a aprendizagem, quer para melhorar seu desempenho, com a criação e a organização de processos bem estruturados. O tema integra o item n. 5 das competências gerais do documento, que sugere às unidades

> […] compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. […]
>
> Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*: educação é a base. Brasília: MEC; SEB, 2018, p. 9-10.

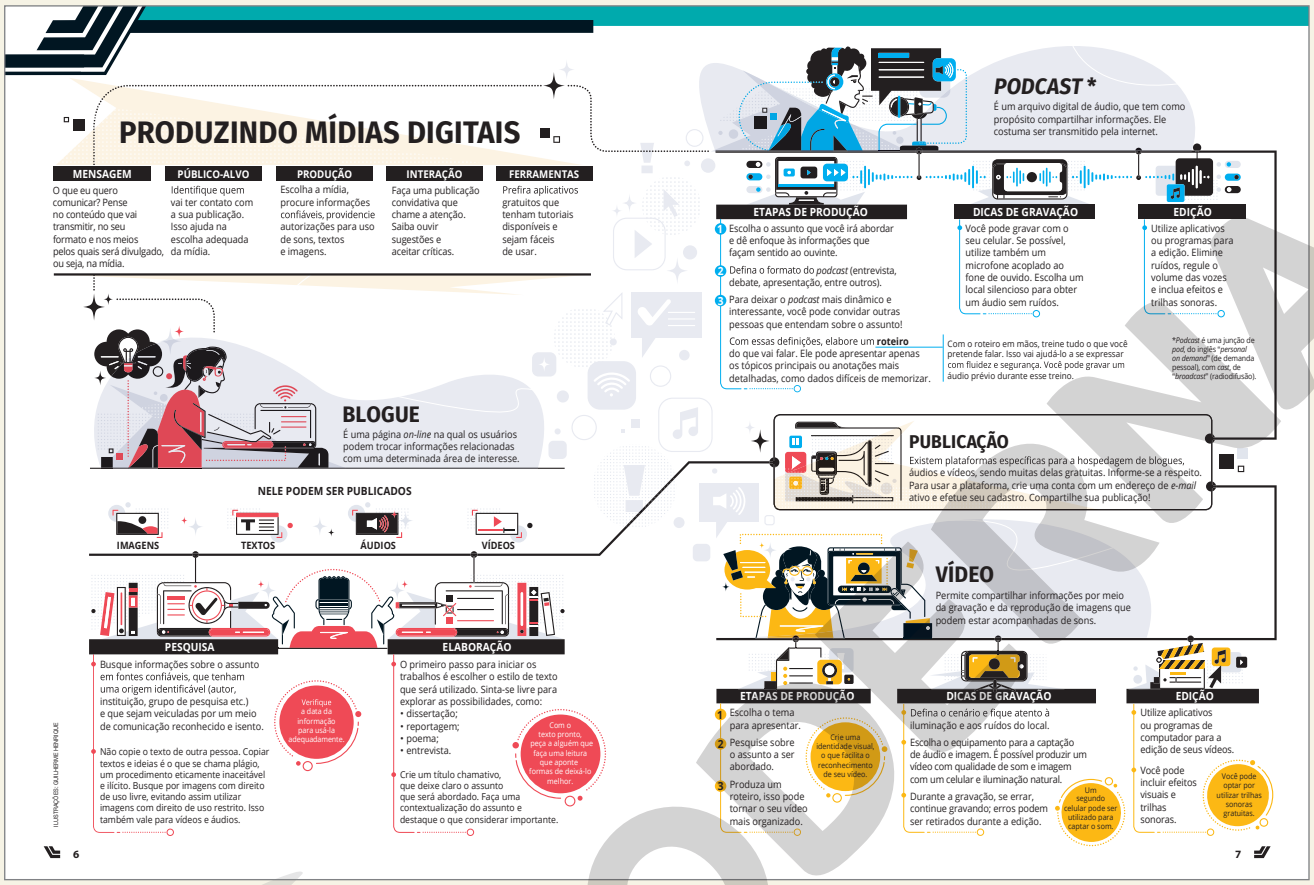
As práticas e todo o processo educativo devem ser objetos de reflexão, de modo que tecnologias digitais de informação e de comunicação (TDIC) passem a integrar as estratégias metodológicas de maneira transversal, sem entrar em atrito com as metodologias que vinham sendo aplicadas. Assim, é preciso incorporar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

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

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

MODERNA

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



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

Planejamento de aula: sugestões de uso da coleção

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

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

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

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

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – BIMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano						
		1º ano		2º ano		3º ano
1º bimestre	V1	C1, C3, C4	V3	C3, C6	V5	C6, C7
		C1, C5, C7		C2, C7		C1, C2
		C1, C2, C6		C1, C4		C4, C5
2º bimestre		C9, C10		C9, C10		C9, C12
		C8, C13		C8, C12		C3, C10
		C11, C12		C5, C11		C8, C11
3º bimestre	V2	C3, C6	V4	C2, C6	V6	C4, C5
		C1, C2		C1, C5		C1, C3
		C8, C9		C3, C4		C2, C6
4º bimestre		C7, C10		C7, C10		C11, C12
		C4, C5		C11, C12		C9, C10
		C11, C12		C8, C9		C7, C8

Perfil de professor recomendado Química Biologia Física

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – TRIMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano						
		1º ano		2º ano		3º ano
1º trimestre	V1	C1, C3, C4	V3	C3, C6	V5	C6, C7
		C1, C5, C7		C2, C7		C1, C2
		C1, C2, C6		C1, C4		C4, C5
2º trimestre	V1	C9, C10	V3	C9, C10	V5	C9, C12
	V2	C3	V4	C2	V6	C4
	V1	C8, C13	V3	C8, C12	V5	C3, C10
	V2	C1	V4	C1	V6	C1
	V1	C11, C12	V3	C5, C11	V5	C8, C11
	V2	C8	V4	C3	V6	C2
3º trimestre	V2	C6, C7, C10	V4	C6, C7, C10	V6	C5, C11, C12
		C2, C4, C5		C5, C11, C12		C3, C9, C10
		C9, C11, C12		C4, C8, C9		C6, C7, C8

Perfil de professor recomendado Química Biologia Física

Ensino Médio – curso regular diurno em 3 anos – SEMESTRAL – número igual de aulas dos componentes curriculares/ano						
		1º ano		2º ano		3º ano
1º semestre	V1	C1, C3, C4, C9, C10	V3	C3, C6, C9, C10	V5	C6, C7, C9, C12
		C1, C5, C7, C8, C13		C2, C7, C8, C12		C1, C2, C3, C10
		C1, C2, C6, C11, C12		C1, C4, C5, C11		C4, C5, C8, C11
2º semestre	V2	C3, C6, C7, C10	V4	C2, C6, C7, C10	V6	C4, C5, C11, C12
		C1, C2, C4, C5		C1, C5, C11, C12		C1, C3, C9, C10
		C8, C9, C11, C12		C3, C4, C8, C9		C2, C6, C7, C8

Perfil de professor recomendado Química Biologia Física

MODERNA

Avaliação

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Referências bibliográficas complementares

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

Ensino de Ciências no século XXI

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

Textos

- MARANDINO, M. *Tendências teóricas e metodológicas no ensino de Ciências*. São Paulo, USP, 2013. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/349832/mod_resource/content/1/Texto%201%20-%20Marandino%20Tend%C3%AAncias%20no%20Ensino%20de%20ci%C3%AAncias%20final.pdf>. Acesso em: maio 2020.

EDITORIA

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

Vídeo

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

Abordagem CTS/CTSA no ensino de Ciências

Texto

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

O ensino por investigação e argumentação

Texto

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

Vídeo

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

Leitura em ciências

Texto

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

Avaliação e diferentes perfis

Texto

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

Referências bibliográficas da coleção

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

Livro que aborda aspectos do trabalho pedagógico com identidade juvenil.

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

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

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

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

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

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

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

Documento que estrutura as etapas da educação fundamental no Brasil.

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

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

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

Guia com perguntas e respostas sobre o novo Ensino Médio.

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

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

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

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

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

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

MOEPNA

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

Artigo que mostra desdobramentos da estruturação do novo Ensino Médio.

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

Tese que mostra algumas possibilidades de aplicação de TDICs.

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

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

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. *In*: Duschl, R. A.; Grandy, R. E. (ed.). *Teaching Scientific Inquiry*: Recommendations for Research and Implementation. Rotterdam: Taipei Sense Publishers, 2008.

Neste livro são mostradas algumas formas de trabalhar letramento científico com os estudantes.

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

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

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

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

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

Obra que mostra aspectos interdisciplinares no ensino de ciências.

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

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

MANDELLI, M. T.; SOARES, D. H. P.; LISBOA, M. D. Juventude e projeto de vida: novas perspectivas em orientação profissional. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 63, n. especial, p. 49-57, 2011. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672011000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: maio 2020.

Artigo com considerações e aspectos para trabalhar partes do projeto de vida com os estudantes.

MORTIMER, E. F. A BNCC do Ensino Médio: entre o sonho e a ficção. *Portal SBPC net*, 10 abr. 2018. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/a-bncc-do-ensino-medio-entre-o-sonho-e-a-ficcao/>. Acesso em: maio 2020.

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

NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R. E. S. (org.). *Pesquisas em ensino de Ciências*: contribuições para a formação de professores. 5. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

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

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

Texto que traz análises sobre resultados obtidos no PISA.

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

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

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. *A Educação em Ciências no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade, 2009.

Livro que aborda aspectos da educação em ciências no Brasil.

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

Artigo que trata sobre aspectos do uso das TDICs.

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

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

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

Artigo que aborda divergências de como melhorar o ensino no país.

STEVENS, D. D.; LEVI, A. J. *Introduction to Rubrics*: An Assessment Tool to Save Grading Time, Convey Effective Feedback, and Promote Student Learning. Sterling: Stylus, 2005.

Livro que mostra maneiras de trabalhar com rubricas.

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

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

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

Documento que mostra relações entre educação e cidadania.

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

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

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

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

MODERNA

CAPÍTULO 1 O conhecimento científico e as Ciências da Natureza

Metas do capítulo

- Compreender as Ciências Naturais como uma realização humana voltada à aquisição de conhecimentos sobre a natureza, com poderes e limitações, e valorizar seu papel na sociedade contemporânea.
- Caracterizar Ciência e reconhecer os papéis da observação, da formulação de hipóteses e da experimentação na produção do conhecimento científico.
- Distinguir fato, hipótese, teoria e lei em Ciência.
- Familiarizar-se com conceitos e procedimentos empregados pelos cientistas e reconhecer a possibilidade de aplicá-los em situações do cotidiano.
- Conhecer os objetos de estudo das Ciências Naturais, com destaque para as áreas de Biologia, Física e Química.

Sugestões didáticas e comentários

O capítulo apresenta as bases do pensamento científico e os procedimentos utilizados pelos cientistas em seu trabalho, aspectos fundamentais para entender e discutir a importância da Ciência. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado de forma conjunta pelos professores com formação em Biologia, Química e Física.

O principal objetivo do capítulo é apresentar os fundamentos da Ciência e levar os estudantes a compreender os papéis da observação, da formulação de hipóteses e da experimentação no procedimento científico.

Sugerimos retomar e aplicar os conhecimentos sobre Ciência ao longo do estudo dos demais capítulos do livro. Essa retomada ajudará os estudantes a compreender melhor a natureza do conhecimento científico, bem como os seus alcances e limitações.

Outro aspecto importante tratado no capítulo é a História da Ciência, que permite aos estudantes conhecer o processo de construção do conhecimento científico e compreender melhor as atualidades científicas relevantes para a humanidade, entendimento hoje imprescindível a todo cidadão que deseje refletir criticamente sobre a importância da Ciência no mundo contemporâneo.

Incentive os estudantes a pesquisar, em *sites* confiáveis da internet, dados relevantes sobre o Projeto Genoma Humano. Alguns pontos de interesse da pesquisa seriam: de que é constituído o genoma humano? Ele é semelhante ao de outros animais? O conhecimento do genoma pode levar a terapias e tratamentos médicos melhores? Estimule seus estudantes a refletir sobre os alcances do Projeto Genoma e coordene um debate em classe com base no que foi pesquisado, trabalhando dessa maneira as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303** da BNCC.

Dialogando com o texto

Uma maneira de abordar este *Dialogando com o texto* é organizar a turma de estudantes em dois grupos, sendo um a favor da fala do interlocutor 1 e outro a favor das afirmações do interlocutor 2, encontradas na apresentação do capítulo. Estimule os estudantes a realizar pesquisas em *sites* confiáveis da internet, jornais ou revistas, antes de produzir um texto a favor ou contra a Ciência. Os textos serão a base para o debate, no qual cada grupo terá a oportunidade de expor seus argumentos. Lembre aos estudantes que eles não precisam partilhar necessariamente a opinião que defenderão, desde que alinhem corretamente a argumentação. Isso, aliás, constituiria um desafio adicional.

Independentemente de como a atividade for realizada, é fundamental que o debate ocorra com respeito e empatia. Conduza a discussão de modo que, ao final, os estudantes compreendam a importância da Ciência em diversos aspectos da nossa vida, como a descoberta de medicamentos, a elaboração de produtos e a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos, entre outros. Enfatize que o método científico é um processo que requer tempo e que na maioria das vezes os resultados não são imediatos, podendo levar anos até que uma pesquisa seja concluída e seus resultados, aplicados. Enfatize, também, que a Ciência se dedica a explicar apenas fenômenos observáveis na natureza.

Atividade em grupo

A atividade tem como objetivo levar os estudantes a refletir sobre a importância da Ciência nos avanços tecnológicos atuais. É conveniente refletir com os estudantes sobre como os avanços tecnológicos impactam o ambiente.

Para a entrevista, auxilie os estudantes na elaboração das perguntas e de uma ficha de autorização do uso da imagem dos entrevistados. Algumas maneiras de apresentar os resultados do trabalho são: vídeo, gravação de um *podcast* ou uma apresentação de *slides*, que poderão eventualmente ser disponibilizados para o acesso de toda a comunidade. Discuta com os estudantes sobre os formatos possíveis, de acordo com as possibilidades disponíveis na escola.

MODERNA

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13LGG303**
- **EM13LGG701**

As atividades *Dialogando com o texto* e *Atividade em grupo* estimulam o debate, a leitura e a elaboração de textos científicos, favorecendo o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303** da BNCC.

A *Atividade em grupo* possibilita também a divulgação do conteúdo em mídias digitais para toda a comunidade, favorecendo dessa maneira as habilidades **EM13CNT302** e **EM13LGG701**, esta da área de Linguagens e suas tecnologias.

As duas atividades mencionadas também contribuem com a habilidade **EM13LGG303**, da área de Linguagens e suas tecnologias, ao debater questões polêmicas de relevância social.

1. Fundamentos do pensamento científico

Ao trabalhar o assunto é importante esclarecer aos estudantes os conceitos científicos de hipótese e teoria. É possível que alguns estudantes queiram também esclarecimentos sobre o conceito científico de lei, estudado mais adiante no capítulo. Muitas vezes esses termos podem gerar confusão com termos utilizados no cotidiano, levando muitas pessoas a compreender erroneamente seu significado em termos científicos. Se julgar pertinente, promova um debate com os estudantes acerca da seguinte afirmação: "Por se tratar de 'apenas' uma teoria, a teoria da evolução biológica não tem validade científica".

Dialogando com o texto

Um texto interessante sobre a história da suposta queda da maçã sobre a cabeça de Isaac Newton pode ser encontrado no seguinte endereço eletrônico: <http://www.ghtc.usp.br/server/pdf/RAM-livro-Cibelle-Newton.pdf>. Acesso em: 8 maio 2020.

Possíveis alternativas didáticas são fornecer o *site* mencionado acima logo de início para os estudantes, ou aguardar que eles descubram suas próprias fontes na internet ou em livros e revistas. Eventualmente eles podem chegar ao mesmo *site* referido anteriormente.

O físico, matemático e astrônomo inglês Isaac Newton (1642-1726) postulou a lei geral da gravitação com base nos conhecimentos então disponíveis. Posteriormente o físico alemão Albert Einstein (1879-1955), ao estudar a teoria da relatividade, fez novas descobertas, que levaram à reformulação dessa lei. O fato em si, a queda da maçã, não mudou, e sim a maneira de interpretar o fenômeno.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**

Os conteúdos e atividades estudados no Item 1 estimulam o debate, a leitura e a elaboração de textos científicos, contribuindo dessa maneira para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303** da BNCC.

2. O método hipotético-dedutivo em ciência

Estimule os estudantes a ver as possibilidades de agir "cientificamente" no dia a dia. Suponhamos, por exemplo, que você ligue o aparelho de televisão e ele não funciona. O primeiro palpite, ou hipótese, seria que a televisão estivesse desligada da tomada elétrica. Para testar essa hipótese basta verificar se o cabo de alimentação de energia está corretamente conectado à tomada; se estiver, você rejeitará a hipótese e formulará outra, como a falta de energia elétrica. Para testar essa nova hipótese você poderia, por exemplo, acender uma lâmpada ou ligar outro aparelho elétrico. Se a hipótese estiver errada e houver energia elétrica na casa, pode-se levantar a hipótese de que apenas a tomada na qual está conectada a televisão esteja com defeito. Como testar essa nova hipótese? Basta ligar outro aparelho elétrico naquela tomada e verificar se ele funciona, e assim por diante. Em nosso cotidiano, atitudes como essas podem ajudar a tomar decisões mais acertadas. Solicite aos estudantes que relatem, em um texto, se tiveram alguma experiência pessoal sobre procedimentos semelhantes ao da TV para solucionar problemas do dia a dia.

Ao associar as etapas elencadas na figura 3 com os procedimentos científicos descritos na representação gráfica da figura 2, oriente os estudantes a elaborar legendas mais completas para os quadros da figura 2. Por exemplo: "No quadro 1, a garota observa diversas moscas-da-fruta ao redor das goiabas". "No quadro 2 ela associa as moscas-da-fruta à presença de larvas nos frutos". "No quadro 3, ela formula uma hipótese: se eu cobrir os frutos, não surgirão larvas nas goiabas". "No quadro 4, ela testa sua hipótese: cobre alguns frutos e outros não (grupo-controle)". "No quadro 5 ela confere o resultado do seu experimento e observa que as goiabas cobertas não apresentaram larvas, enquanto as descobertas sim. Os resultados obtidos validam assim a hipótese inicialmente proposta".

Nossa sugestão é que os estudantes escrevam um texto mais completo e explicativo, em lugar de um simples título, para cada uma das cinco ilustrações da figura 3. Esse recurso é largamente utilizado nos infográficos publicados em jornais e revistas. Se possível, coordene com os estudantes uma apresentação em classe dos textos dos estudantes, promovendo discussões sobre diferenças eventuais no enfoque de cada um.

Atividade em grupo

Para a entrevista, auxilie os estudantes na elaboração de perguntas para as pessoas entrevistadas, destacando a importância de se ter uma ficha de autorização do uso da imagem dos entrevistados. É interessante que os estudantes entrem em contato com cientistas de diferentes áreas das Ciências da Natureza, como físicos, biólogos e químicos, que trabalhem em locais como universidades, indústrias e laboratórios, entre outros. Esse contato poderá possibilitar aos estudantes conhecer a diversidade de pesquisas realizadas pelos cientistas em diferentes áreas.

A atividade visa aproximar os estudantes dos cientistas e das pesquisas científicas que estão sendo realizadas na sua comunidade, levando-os a reconhecer a importância do trabalho desses profissionais para a sociedade e para o ambiente.

MANUAL DO PROFESSOR

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**
- **EM13CHS103**

Os conteúdos e atividades estudados nesse item possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303** da BNCC ao tratar da elaboração de hipóteses, previsões, estimativas e interpretação de texto. A habilidade **EM13CHS103** da área de Ciências Humanas e Sociais aplicadas também é favorecida, por tratar de hipóteses, evidências e argumentos.

3. Exemplos de aplicação da metodologia científica

Se possível, execute em sala de aula os experimentos realizados por Charles e Francis Darwin ilustrados na figura 5. Divida a turma em grupos para realização do experimento. Como este demora um certo tempo para ser concluído, reserve no cronograma de aulas as datas para a realização das seguintes atividades: plantio do alpiste, tempo de brotamento das plantas, realização do tratamento das plantas, exposição das plantas a uma fonte de luz por pelo menos uma semana e apresentação dos resultados. Caso a escola possua um laboratório, é possível deixar as plantas diante da janela para que recebam a luz solar; se não houver laboratório, pode-se utilizar até mesmo a janela da sala de aula. Outra possibilidade é encarregar um representante de cada grupo de levar as plantas para casa e colocá-las diante de uma janela ou de uma luminária. É importante também que os grupos se responsabilizem por regar diariamente as plantas.

Incentive os estudantes a organizar um caderno de anotações, onde sejam registrados detalhes do experimento e os resultados obtidos. No final, os resultados podem ser apresentados no modelo de um pôster, como em um congresso científico. Converse com os estudantes sobre outras maneiras possíveis de apresentar os resultados. No item seguinte deste capítulo será apresentada a estrutura geral de um trabalho científico.

Solicite a seus estudantes que, ao ler o texto sobre os procedimentos de Karl Jansky, tentem identificar a pergunta que ele fez ("Qual é a fonte do ruído que ocorre nas chamadas telefônicas para a Europa?"). Questione os estudantes, também, sobre as observações realizadas e as hipóteses que foram levantadas. Promova e conduza um debate em classe sobre o assunto.

4. A comunicação entre os cientistas

Após trabalhar os itens que costumeiramente compõem um artigo científico, peça aos estudantes que retomem os pôsteres elaborados anteriormente, avaliando criticamente se estão de acordo com as maneiras como os cientistas comunicam seus resultados. Questione os estudantes sobre possíveis alterações dos pôsteres, de modo a adequá-los aos moldes de um trabalho científico. Esse enfoque será retomado mais adiante, ao realizar a atividade *Dialogando com o texto*.

Atividade em grupo

Para a entrevista, auxilie os estudantes na elaboração de perguntas para as pessoas entrevistadas, destacando a importância de uma ficha de autorização do uso da imagem dos entrevistados. Estimule-os a elaborar questões como: "Qual é a pergunta inicial do pesquisador? Que hipótese ele está testando? Como a hipótese é testada (material e métodos)? Há resultados? Há conclusões?"

Enfatize que é importante também que se questione, como indicado na atividade, se há outros grupos de pesquisa trabalhando na mesma linha temática e como esses trabalhos se relacionam com a pesquisa realizada no local.

A atividade, além de aproximar os estudantes do método científico, pode permitir constatar que há vários grupos de cientistas trabalhando em uma mesma linha de pesquisa, muitas vezes utilizando diferentes técnicas.

Dialogando com o texto

A atividade *Dialogando com o texto* estimula o debate, a leitura e a elaboração de textos científicos, contribuindo dessa maneira para o trabalho com as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**.

Caso tenha promovido a realização do experimento dos Darwin em sala de aula, peça aos estudantes que utilizem suas anotações sobre essa atividade. Auxilie-os na pesquisa de referências bibliográficas para compor o trabalho. A plataforma Scielo (<https://www.scielo.br/>. Acesso em: 7 maio 2020) disponibiliza diversos artigos científicos gratuitos em português e pode ser uma boa fonte de pesquisa. Incentive os estudantes a pesquisar por meio de palavras-chave relacionadas ao experimento, como "experimentos de efeitos da luz + alpiste", por exemplo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**

O conjunto de conteúdos e atividades propostos nesse item possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303** da BNCC.

5. Áreas do conhecimento científico sobre a natureza

Uma das atividades humanas desenvolvidas há muito tempo foi a metalurgia. Há milênios, egípcios e chineses já trabalhavam com a prata e o ouro, utilizando-os na confecção de ornamentos. Há cerca de 4 mil anos, habitantes da região que atualmente é a Turquia já conheciam a técnica para obter ferro a partir de seu minério, a hematita. Durante a Idade Média, os alquimistas foram responsáveis por grandes avanços na metalurgia, contribuindo para o lançamento das bases modernas dessa área da Ciência e da Tecnologia.

MODERNA

Converse com seus colegas professores de História sobre a possibilidade de realizar uma atividade interdisciplinar sobre esse tema.

Se a atividade interdisciplinar for possível, organize a turma em grupos e peça ao professor de História que oriente os estudantes em uma pesquisa sobre os primórdios da Alquimia, da metalurgia e da indústria metalúrgica atual. Cada grupo poderia ficar responsável pela pesquisa de determinado período. Os resultados poderiam ser apresentados na forma de painel ou cartazes, seguindo o modelo: apresentação do tema, desenvolvimento do tema, conclusão e referências bibliográficas.

Aplicando conhecimentos

1 Sim, nesse caso o estudante utilizou o termo teoria com o significado que utilizamos no cotidiano, como sinônimo de hipótese. Em Ciências da Natureza, o termo teoria refere-se a uma ideia científica bem embasada em conhecimentos cientificamente válidos e aceita pela comunidade científica.

2 Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que a Astrologia não é considerada uma ciência porque não está embasada em teorias científicas válidas e suas hipóteses não podem ser testadas.

3 A distinção entre uma teoria ser verdadeira ou ser aceita é feita porque, apesar de uma teoria científica ser sustentada por testes cientificamente válidos, novos conhecimentos podem surgir, levando os cientistas a revisá-la.

Dialogando com o texto

Para explicar aos estudantes sobre o desenvolvimento sustentável, sugerimos o endereço eletrônico a seguir como fonte de pesquisa: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 8 maio 2020.

Uma maneira de trabalhar os aspectos da sustentabilidade relacionados às diferentes áreas das Ciências da Natureza, Sociais e Humanas é apresentar aos estudantes os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU, pedindo a eles que os relacionem com uma ou mais áreas das Ciências.

O objetivo da atividade é que os estudantes compreendam a importância de os avanços científicos e tecnológicos resultantes das pesquisas científicas estarem alinhados com o desenvolvimento sustentável.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**
- **EM13CHS103**
- **EM13LGG303**

Os conteúdos e atividades estudados nesse item possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303** da BNCC em relação à construção de previsões e estimativas e à interpretação de informações das Ciências da Natureza em textos de divulgação científica. A habilidade **EM13CHS103** da área de Ciências Humanas e Sociais aplicadas também é favorecida na medida em que os estudantes devem refletir sobre sustentabilidade ambiental, que se relaciona a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais etc. A habilidade **EM13LGG303** da área de Linguagens e suas Tecnologias também é estimulada ao analisar diferentes argumentos e opiniões sobre a temática da sustentabilidade.

CAPÍTULO 2 Unidades de medida

Metas do capítulo

- Conhecer e compreender os elementos básicos do método científico tradicional:
  - **a)** caracterização do fenômeno físico com base em observações;
  - **b)** formulação de hipóteses que possibilitem a explicação do fenômeno;
  - **c)** realização de experimentos que possam reproduzir os resultados que confirmam as hipóteses anteriormente elaboradas.
- Reafirmar a importância da observação experimental na elaboração de hipóteses para a construção do conhecimento, relacionando o fato de que o tamanho das sombras é diferente de acordo com a época do ano à hipótese da esfericidade da Terra, comprovada pelo experimento de Eratóstenes.
- Distinguir os significados de medida, medida-padrão e unidade de medida.
- Entender a importância de um padrão de medida no âmbito científico e no cotidiano.
- Entender a necessidade de uma padronização das medidas, conhecendo um breve histórico das tentativas dessa padronização (Sistema Métrico Decimal, Sistema Inglês de Unidades e Sistema Internacional de Unidades), discutindo sobre as dificuldades encontradas no cotidiano com as diferentes unidades de uma mesma medida de grandeza física, por exemplo, a medida de comprimento em metros e polegadas.
- Compreender e descrever as grandezas fundamentais comprimento, massa e tempo.
- Relacionar as unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidades com as unidades de outros sistemas de unidades utilizadas no cotidiano, resolvendo exercícios de transformação de unidades.
- Saber utilizar os prefixos das medidas (nome, símbolo e fator multiplicativo).
- Saber escrever uma medida em notação científica e calcular as operações aritméticas utilizando essa notação.
- Comparar grandezas físicas convertendo-as para uma mesma unidade de medida.
- Compreender e identificar a relação entre diferentes quantidades de grandezas físicas através de representações gráficas.

MODERNA

Sugestões didáticas e comentários

No texto de abertura, é feita a exposição de um fenômeno físico, ou seja, a sombra de um objeto que desaparece por completo ao meio-dia em determinado período do ano em um local específico. O objetivo é provocar um questionamento sobre o porquê de esse fato não ocorrer sempre da mesma forma.

Com base nesse exemplo, pode-se propor uma discussão em sala de aula para pôr em xeque a ideia de senso comum de que, em todos os locais e em qualquer dia do ano, as sombras sempre desaparecem ao meio-dia em contraposição à explicação científica: a formação das sombras depende da latitude, inclinação do eixo do planeta e da órbita elíptica de translação ao redor do Sol. Dessa forma, o estudante é incentivado a exercitar a curiosidade intelectual e a compreender como a investigação e a análise crítica, características da Ciência, contribuem para a construção do conhecimento.

Outro direcionamento possível com base no texto de abertura é abordar elementos do método científico que podem ser encontrados no trabalho de Eratóstenes, ressaltando o fato de que ele viveu numa época muito anterior à da origem histórica do método científico com Descartes. Assim, atendemos aos preceitos da BNCC quanto a fazer o estudante compreender como os conhecimentos obtidos de observações são sistematizados para a construção de um saber científico, além de mostrar que os conhecimentos científicos são construções humanas que vão sendo feitas ao longo da história da humanidade e não descobertas repentinas de um ou outro indivíduo.

Como o capítulo trata de unidades de medida, cabe aqui salientar a necessidade de uma medida precisa da distância entre Siena e Alexandria para corroborar a hipótese de Eratóstenes e como ele obteve esse valor. Para que os estudantes atuem como protagonistas, proponha que reproduzam o experimento e, na medida do possível, utilizem a unidade de medida original. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

De olho na BNCC

- **Competência geral 2**
- **Competência geral 4**
- **EM13MAT308**

As **competências gerais 2** e **4** são mobilizada neste capítulo ao utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, afim de entender e explicar a realidade abordando unidades de medida e a importância de sua padronização. Quanto da importância da utilização de linguagem matemática e científica ao trabalhar o uso de diferentes tipos de gráficos e de equações para expressar relações entre grandezas e ilustrar dados que podem ser aplicados a situações do cotidiano em diversos contextos facilitando a comunicação. Na abertura deste capítulo a habilidade **EM13MAT308** é mobilizada ao trabalhar a estimativa do raio da terra com base na posição da sombra projetada por um objeto em uma aplicação de relações métricas.

Atividade em grupo

Como o objetivo dessa atividade é mostrar a importância de adotar um padrão de medida, proponha aos grupos que utilizem objetos singulares, não comuns a todos. Abra, então, uma discussão sobre as vantagens e desvantagens dos "padrões" que cada grupo utilizou, concluindo sobre a necessidade ou não de se adotar um padrão de medida.

Uma discussão adicional que também pode ser feita é sobre padrões de medida adotados oficialmente e os que são utilizados no cotidiano.

Sugestão de atividade complementar

Aplicação do método científico

Ao apresentar o método científico para os estudantes, é adequado propor uma atividade que mostre como esse método pode ser utilizado para resolver problemas do dia a dia, como a pane do motor de um carro.

Proponha aos estudantes que se imaginem viajando de carro por uma estrada. De repente, o carro começa a falhar e o motor deixa de funcionar. Para detectar o que pode ter ocasionado a pane, peça-lhes que utilizem o método científico. Para isso, eles deverão estabelecer hipóteses, verificá-las, descartar as que se mostrarem equivocadas e apresentar uma possível conclusão.

Inicialmente, recorde os passos do método científico:

- observar o problema;
- enunciar uma ou mais hipóteses;
- testar hipóteses por meio da realização de experimentos;
- analisar os resultados para obter conclusões.

Ao constatar que o carro começa a falhar e, em seguida, para, temos a **observação de um problema**. Imediatamente **levantamos hipóteses** que possam explicar o que foi observado. Peça à turma que levante as possíveis causas do evento.

Como sugestão, citamos:

- falta de combustível;
- pane elétrica;
- fio solto;
- defeito no alternador;
- problema na bomba de combustível;
- problema na bateria;
- bobina superaquecida;
- ruptura da correia dentada;
- tampa do distribuidor trincada;
- defeito na refrigeração;
- defeito no módulo da ignição eletrônica;
- defeito na bomba de óleo que lubrifica o motor.

Uma vez formulada uma hipótese, passamos a **realizar experimentos** para testá-la.

MODERNA

Por exemplo, a falta de combustível. Após colocar alguns litros de combustível no tanque, a partida deve ser dada novamente. Se o problema persistir, passamos a avaliar outra hipótese, descartando essa.

Para testar as hipóteses sugeridas, é necessário um conhecimento de mecânica automotiva que não deve ser exigido do estudante. A finalidade desta atividade é mostrar que, mesmo sem intenção, o método científico é utilizado pelas pessoas em seu cotidiano.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13LGG303**
- **Competência geral 2**

Os conteúdos e atividades estudados nesse item possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13LGG303** da BNCC, já que o estudante realizará previsões e estimativas com a finalidade de avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. Ao levantar a discussão se diferentes resultados obtidos pelos grupos implicam necessariamente em estarem errados, levando a discussão sobre metodologia e incerteza de medida. A **competência geral 2** pode ser mobilizada nesta atividade ao 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 com base na aplicação do método científico.

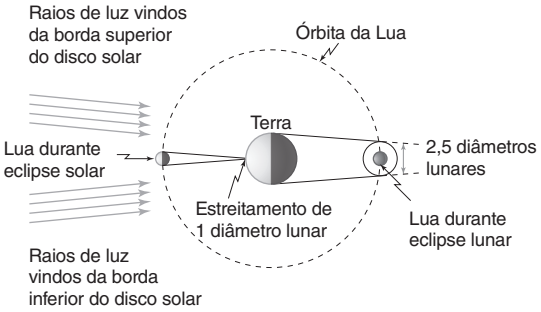
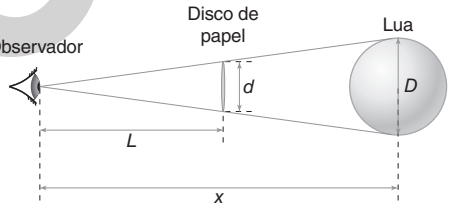
Problemas e exercícios – estratégias de resolução

Comente com os estudantes que buscar soluções para diferentes problemas é o objetivo das distintas áreas do conhecimento. Essa afirmação é tão real que, em 1637, o filósofo francês René Descartes escreveu seu *Discurso do método para bem conduzir a própria razão e procurar a verdade nas ciências*. Nessa obra, Descartes apresenta a dúvida metódica que conduz à descoberta do método capaz de ordenar os pensamentos. Se não for possível ler a obra completa original de Descartes, uma sugestão é o *Dicionário de obras filosóficas*, de Denis Huisman, publicado pela editora Martins Fontes em 2000. O dicionário apresenta um resumo da obra.

- Na abertura deste capítulo, foi apresentado como Eratóstenes determinou o raio da Terra. É bastante comum que os estudantes tenham curiosidade e perguntem: "Como se determinou o tamanho da Lua? E do Sol? E como se sabe a distância da Lua em relação à Terra ou da Terra em relação ao Sol?".

Indicamos aqui, de modo resumido, como foram determinadas tais medidas. Se julgar pertinente, seria interessante que, ao apresentar a determinação do comprimento da circunferência da Terra, a discussão fosse complementada, demonstrando como podemos aplicar o método científico para a solução do seguinte problema: qual é o tamanho da Lua e qual é a sua distância em relação à Terra?

Determinação do tamanho da Lua e de sua distância em relação à Terra	
1) Qual é o problema?	A primeira determinação do tamanho da Lua e sua distância em relação à Terra foi feita por Aristarco de Samos (310 a.C.-230 a.C.), após estudar eclipses da Lua e do Sol. Aristarco foi o primeiro a propor que a Terra girava ao redor do Sol, antecipando a teoria de Copérnico em cerca de dois mil anos. Também determinou a distância da Terra ao Sol.
2) Quais são as informações existentes (condições iniciais do problema) e que puderam ser observadas?	A Terra, ao ser iluminada pelo Sol, projeta uma sombra. O eclipse lunar ocorre quando a Lua, em seu movimento ao redor do planeta, passa por esse cone de sombra. Aristarco observou que a largura do cone de sombra da Terra sobre a Lua correspondia a 2,5 vezes o diâmetro lunar.

3) Quais hipóteses podem ser elaboradas para a solução do problema?	Durante um eclipse do Sol, a Terra intercepta o cone de sombra da Lua em uma pequena região de sua superfície. Assim, o cone de sombra da Lua se estreita até quase se tornar um ponto, ou seja, o estreitamento do cone de sombra da Lua, de sua órbita à superfície da Terra, corresponde a 1 diâmetro lunar, o mesmo estreitamento sofrido pelo cone de sombra da Terra. (Ver figura a seguir.)  (Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)
4) Quais cálculos podem ser realizados com base nas observações, levando em conta as hipóteses elaboradas?	Levando em consideração o estreitamento do cone de sombra da Terra, Aristarco concluiu que o diâmetro da Terra deveria ser 3,5 vezes o diâmetro da Lua (3,5 = 2,5 + 1). Em outras palavras, o diâmetro da Lua é $\frac{1}{3,5}$ do diâmetro da Terra. O valor calculado por Aristarco para o diâmetro da Lua resultou em uma diferença de menos de 5% do valor aceito atualmente, que é de 3.474 km.
5) Pode-se utilizar algum conhecimento estabelecido previamente para se elaborar um novo?	Conhecido o diâmetro da Lua, pode-se, por uma simples relação de semelhança de triângulos, obter sua distância à Terra.
6) Qual a metodologia empregada para a obtenção dos dados?	Fixe um pequeno disco de papel (0,5 cm de diâmetro) a uma janela de vidro e, com um dos olhos, mire a Lua de modo que o disco de papel a encubra totalmente. Medindo a distância entre o seu olho e o disco de papel, mais ou menos 55 cm (110 vezes maior que o diâmetro do disco de papel), é possível descobrir a distância da Terra à Lua.  (Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)
7) Cálculos	Pela figura anterior, obtemos: $\frac{\text{diâmetro do disco}}{\text{distância da Terra ao disco}} = \frac{\text{diâmetro da Lua}}{\text{distância da Terra à Lua}} \Rightarrow \frac{d}{L} = \frac{D}{x}$
8) Resultados	Conhecidos o diâmetro do disco d e sua distância L ao olho do observador, obtemos: $\frac{\text{diâmetro do disco}}{\text{distância da Terra ao disco}} = \frac{d}{L} = \frac{1}{110}$
9) Conclusão	Então, temos: $\frac{\text{diâmetro da Lua}}{\text{distância da Terra à Lua}} = \frac{D}{x} = \frac{1}{110}$ Portanto, distância da Terra à Lua = 110 · diâmetro da Lua (ou $x = 110 \cdot D$).

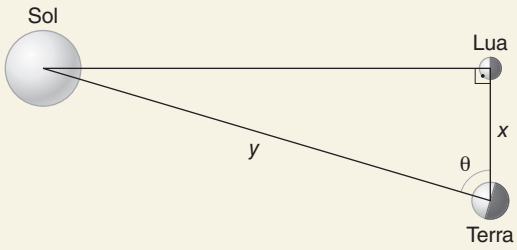
MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

A título de curiosidade, apresentamos os métodos utilizados para a determinação da distância do Sol à Terra e do diâmetro do Sol.

Distância do Sol à Terra e o diâmetro do Sol

Aristarco fez uma primeira estimativa da distância do Sol à Terra por meio do seguinte raciocínio: no instante em que a Lua está exatamente metade cheia e o Sol ainda está visível no horizonte, as linhas traçadas entre a Terra e a Lua, entre a Lua e o Sol e entre o Sol e a Terra formam um triângulo retângulo, conforme mostrado a seguir.



ADILSON SECCO

(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Como a distância da Terra à Lua, x, era conhecida, se o ângulo θ fosse corretamente medido, seria possível, por meio da Trigonometria, determinar a distância da Terra ao Sol (y):

$$\cos\theta = \frac{x}{y} \Rightarrow y = \frac{x}{\cos\theta}$$

Aristarco não dispunha de instrumentos que permitissem uma medida precisa do ângulo θ, como um moderno teodolito. Ainda assim, ele chegou ao ângulo $\theta = 87°$ e concluiu que a distância da Terra ao Sol é cerca de 20 vezes a distância da Terra à Lua. Esse resultado está bem distante do real.

Hoje sabemos que a distância da Terra ao Sol é cerca de 400 vezes a distância da Terra à Lua. Uma provável fonte de erro em seus cálculos foi o valor do ângulo θ por ele encontrado. Na verdade, o ângulo é de 89,86°, e não 87°.

Como o Sol e a Lua aparentam ser do mesmo tamanho (ambos são vistos sob um ângulo aproximado de 0,5°), conclui-se que a relação entre o diâmetro do Sol e sua distância à Terra é igual à relação entre o diâmetro da Lua e sua distância à Terra, ou seja:

$$\frac{\text{diâmetro do Sol}}{\text{distância da Terra ao Sol}} = \frac{\text{diâmetro da Lua}}{\text{distância da Terra à Lua}} = \frac{1}{110}$$

Como a distância da Terra ao Sol é conhecida, pode-se determinar o diâmetro do Sol, como segue:

$$\text{diâmetro do Sol} = \frac{1}{110} \cdot \text{distância da Terra ao Sol}$$

1. O Sistema Internacional de Unidades (SI)

Retome a *Atividade em grupo* da abertura do capítulo e inicie uma discussão com os estudantes sobre como poderia ser realizada a medição de algo sem utilizar os padrões de unidade conhecidos. Proponha a eles que sugiram unidades de medida para uma das grandezas fundamentais, como o tempo, por exemplo. Aproveite para citar e explicar o que são e quais são as grandezas físicas fundamentais (comprimento, tempo e massa).

Enumere as diversas "unidades" propostas pelos estudantes, mostrando sua necessidade, tanto no âmbito técnico-científico como no cotidiano, uma vez que um mesmo valor numérico pode expressar diferentes quantidades dependendo da unidade utilizada. Mostre também a necessidade de padronização, introduzindo o Sistema Internacional e as sete unidades de base que o compõem.

Sabendo da coexistência de vários padrões de unidades no cotidiano, apesar de no Brasil adotar-se o Sistema Internacional, reúna os estudantes em grupos e proponha uma pesquisa em lojas de material de construção, de ferragens, de material elétrico, postos de combustível, entre outras, sobre as diversas unidades que não pertencem ao SI e que são utilizadas pelos trabalhadores desses setores. É provável que eles encontrem polegadas, milímetros, litros, psi, atm, milhas, grau Celsius etc.

Com o resultado da pesquisa, trabalhe as conversões de unidades entre os diferentes sistemas, principalmente, as unidades de base.

Proponha aos estudantes a construção de uma linha do tempo sobre as tentativas de padronização internacional das unidades de medida, sugerindo que cada grupo trabalhe com uma das três grandezas físicas básicas (comprimento, tempo e massa). Caso haja muitos grupos, pode-se agregar as outras unidades de base do Sistema Internacional: corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de matéria, intensidade luminosa. A linha do tempo pode ser exposta à comunidade escolar e/ou para a comunidade vizinha à escola.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **Competência geral 1**

Essa seção integrada à *Atividade em grupo,* proposta no início do capítulo, possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, pois envolve previsões e estimativas ao empregar instrumentos de medição para obtenção de dados a fim de construir e avaliar situações-problema sob uma perspectiva científica; e **EM13CNT302**, já que o estudante terá que comunicar para alguns públicos os resultados obtidos durante as medições e discussões trabalhadas nesta etapa. Essa seção também trabalha a **competência geral 1**, pois aborda unidades de medida e a importância de sua padronização. A evolução dos conceitos e a necessidade de tornar as grandezas cada vez mais precisas, ajudando a mostrar a valorização do conhecimento construído ao longo do tempo. Ao trazer diversos exemplos de aplicações do Sistema Internacional de Unidades (SI).

Dialogando com o texto

O texto de abertura mostra a aplicação da metodologia científica no cálculo da circunferência da Terra realizada por Eratóstenes, embora a definição formal do método científico só tenha sido estabelecida posteriormente por Descartes e consolidada por Newton.

MODERNA

Destaque os indícios de uma metodologia científica (observação, hipótese e experimentação) apresentados no texto que foram empregados por Eratóstenes para resolver o problema, enumerando as dificuldades enfrentadas na época.

Discuta com os estudantes os conhecimentos e as ferramentas necessários para a obtenção da informação da distância entre duas localidades, como Assuã e Alexandria. Por meio de um aplicativo digital utilizado em um celular, destaque que a obtenção da "informação com um toque de dedo no visor" não se trata de uma trivialidade, demandando anos de estudos para que esse resultado fosse obtido de maneira precisa e rápida como nos dias atuais.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301** • **EM13LGG704** • **EM13MAT103**

Esse boxe possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, **EM13LGG704** e **EM13MAT103** já que o estudante realizará previsões e estimativas de medidas, empregando instrumentos de medição para avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. Ao fazer o uso de pesquisa de informações para chegar a conclusões sobre equivalência entre as unidades de medida atuais e da antiguidade. Ao solicitar ao estudante a estimativa da unidade de estádio e realizar uma comparação com a unidade em metros.

Atividade em grupo

Nesta *Atividade em grupo*, organize a turma em pequenos grupos, de três ou quatro estudantes, e sugira a cada grupo que realize uma tarefa específica: fazer uma pesquisa relacionada ao tópico escolhido, entre os sugeridos a seguir, e às situações em que as unidades de medida pesquisadas são grafadas de maneira errada, anotando-as e replicando da forma que o grupo julgar mais adequada.

Tópicos sugeridos:

- unidades de medida de comprimento;
- unidades de medida de massa;
- unidades de medida de tempo;
- unidades de medida de capacidade volumétrica;
- unidades de medida de velocidade.

Essa pesquisa visa mostrar que é comum no dia a dia que as pessoas grafem incorretamente as grandezas físicas. A seguir, unifique os trabalhos dos diferentes grupos. Nesse momento, cada grupo apresentará os exemplos encontrados ou criados nos quais constam as unidades de medida. Sugerimos a leitura do artigo "Ensinar Física para alunos do século XXI: como ensinar unidades e medidas — Meio metrinho ou meio metrão?", publicado na revista *Física na Escola*, v. 12, n. 2, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num2/a10.pdf>. Acesso em: 5 maio 2020.

Sugira aos estudantes que usem a criatividade para encenar uma situação na qual ocorra algum conflito por causa de um erro de padronização de medida.

De olho na BNCC

- **EM13CNT302**

Essa *Atividade em grupo* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, já que o estudante terá que comunicar e interpretar textos, símbolos, códigos, sistemas de classificação, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), participando e promovendo debates em torno de um tema científico.

Aplicando conhecimentos

1 A medição de uma grandeza é feita por comparação de outra grandeza de mesma espécie, tomada como a unidade de medida. Ao efetuar a medida de uma grandeza, determinamos quantas vezes a unidade de medida está contida na grandeza que está sendo medida.

"Medir uma grandeza física é compará-la com outra grandeza de **mesma** espécie, que é a unidade de medida. Verifica-se, então, quantas vezes a **unidade** está contida na **grandeza** que está sendo medida."

Alternativa E.

2. Prefixos do SI

Nesse item, pretende-se trabalhar a ideia de grandeza de uma quantidade, além do conhecimento sobre os nomes de prefixos utilizados para descrever essas quantidades.

Assim, é importante enfatizar que no meio técnico-científico haverá necessidade de se expressar quantidades muito grandes ou muito pequenas. Por isso, o uso de uma notação científica que possa fornecer prontamente a ideia desta quantidade se torna útil, uma vez que o expoente da potência de base 10 da notação informa imediatamente o tamanho da quantidade indicada (se for positiva, quanto maior o valor, maior será a quantidade; se for negativa, quanto maior o valor, menor será a quantidade).

Trabalhe a representação das quantidades em notação científica, exemplificando com operações que empreguem quantidades nesta notação e revendo as propriedades da potenciação e a operação com potências de mesma base.

Desenvolva com os estudantes a ideia de que essa notação, mesmo não sendo muito utilizada no cotidiano, ajuda a desenvolver a noção de grandeza que é de extrema importância para a compreensão das situações reais e para o encaminhamento de um pensamento lógico para solução de problemas.

Como consequência direta de se conhecer e compreender as unidades de uma grandeza física, é possível comparar grandezas iguais expressas em unidades diferentes. Realize atividades para comparar grandezas encontradas no cotidiano que auxiliem numa tomada de decisão, por exemplo, comprar um pacote de biscoitos de 85 g por um certo valor ou comprar uma promoção com 2 pacotes do mesmo biscoito por 2,2 vezes do valor de um pacote, demonstrando que nem sempre a propaganda é a favor do consumidor.

MODERNA

Aplicando conhecimentos

2 Placa A: a notação está incorreta, pois o símbolo de quilômetro é escrito com a letra "k" minúscula, o K maiúsculo corresponde ao kelvin, unidade de medida da temperatura absoluta, e o símbolo de hora é representado somente a letra "h" sem ponto após o símbolo. O correto seria 20 km/h.

Placa B: assim como na **Placa A**, a notação desta placa também está incorreta, pois o símbolo de quilômetro é escrito com a letra "k" minúscula, e o símbolo de hora é representado com a letra "h" minúscula. O correto seria 25 km/h.

Placa C: a notação está correta, 40 km/h (tudo em minúsculo, sem pontos nem espaços).

Esta atividade pode ser complementada pela proposta de transformação das unidades citadas nas placas para o Sistema Internacional.

3. Representações gráficas

Mais do que apenas a informação quantitativa, buscamos as relações entre quantidades, seja no meio técnico-científico, seja no dia a dia.

Na Ciência, essas relações constituem a base da ligação entre a Física e a Matemática, pois uma das maneiras para confirmar uma hipótese física é encontrar as funções ou expressões matemáticas que designam a relação entre dois conjuntos de quantidades numéricas. Essas funções ou relações matemáticas regem o comportamento de um fenômeno e preveem seu comportamento sob condições controladas e/ou preestabelecidas. Quando predizem o comportamento do fenômeno em âmbito geral, constituem uma caracterização tão importante sobre o fenômeno que acabam se tornando leis físicas.

Uma forma de incentivar o interesse dos estudantes pelo conhecimento sobre essas relações é mostrar que elas estão presentes no cotidiano muito mais do que eles supõem. Para isso, faça um levantamento prévio com os estudantes de situações cotidianas vividas por eles nas quais necessitaram fazer essas relações entre quantidades. Com eles, escolha os exemplos mais interessantes e pertinentes, propondo que discutam e justifiquem essas escolhas.

Trabalhe as diversas formas de representar os conjuntos de quantidades e a relação entre elas, partindo da representação básica da tabela de entrada simples, seguindo para gráficos de setores e barras e, finalmente, para o gráfico cartesiano.

Trabalhe com a função matemática que descreve a relação nos casos em que a função for simples de ser descrita, de acordo com o que os estudantes já viram nas aulas de Matemática. Procure trabalhar com exemplos que resultem em funções constantes e do 1º grau.

Para trabalhar a habilidade **EM13CNT303**, inverta a atividade, propondo a leitura de um texto de divulgação científica, ou de outros assuntos, que forneça informações por meio de tabelas e gráficos. Oriente os estudantes a comparar e analisar as conclusões que o texto apresenta, justificando se são coerentes com as informações das tabelas e dos gráficos, visando a construção de estratégias de seleção de fontes confiáveis de informação.

De olho na BNCC

- **EM13CHS106**
- **EM13MAT501**
- **EM13MAT510**

Esta seção possibilita o trabalho das habilidades **EM13CHS106** ao expor amplo debate sobre a importância da representação gráfica de dados e sua aplicação para resolução de problemas, **EM13MAT501** e **EM13MAT510** ao propor a investigação de relações entre números expressos em tabelas e a representação deles no plano cartesiano, reconhecendo quando essa representação é função polinomial de 1º grau.

Aplicando conhecimentos

3 a) O consumo total de energia elétrica ao longo do primeiro semestre de um ano, como apontado no gráfico, é a soma do consumo de cada mês:

Consumo de janeiro = 300 kWh

Consumo de fevereiro = 300 kWh

Consumo de março = 350 kWh

Consumo de abril = 350 kWh

Consumo de maio = 375 kWh

Consumo de junho = 400 kWh

$$\text{Consumo total} = \sum_{i=1}^{6}(\text{mês})_i \Rightarrow \sum_{i=1}^{6}(\text{mês})_i = 300 + 300 + 350 + 350 + 375 + 400$$

$$\therefore \sum_{i=1}^{6}(\text{mês})_i = 2.075 \text{ kWh}$$

b) O consumo médio anual de energia elétrica é a razão entre o consumo total no ano e o número de meses do ano:

Consumo de janeiro = 300 kWh	Consumo de julho = 400 kWh
Consumo de fevereiro = 300 kWh	Consumo de agosto = 400 kWh
Consumo de março = 350 kWh	Consumo de setembro = 350 kWh
Consumo de abril = 350 kWh	Consumo de outubro = 350 kWh
Consumo de maio = 375 kWh	Consumo de novembro = 300 kWh
Consumo de junho = 400 kWh	Consumo de dezembro = 250 kWh

MANUAL DO PROFESSOR

$$\text{Consumo médio anual} = \frac{\sum_{i=1}^{12}(\text{mês})_i}{12} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sum_{i=1}^{12}(\text{mês})_i}{12} = \frac{300 + 300 + 350 + 350 + 375 + 400 + 400 + 350 + 350 + 300 + 250}{12}$$

$$\therefore \frac{\sum_{i=1}^{12}(\text{mês})_i}{12} = 343{,}75 \text{ kWh}$$

c) A redução percentual de consumo entre julho e dezembro é:
Diferença de consumo entre julho e dezembro: 400 kWh − 250 kWh = 150 kWh
Redução percentual de consumo em relação a julho $= \frac{150}{400} \cdot 100 = 0{,}375 \cdot 100$
Portanto, a redução percentual de consumo em relação a julho é de 37,5%.

Atividade prática

Essa *Atividade prática* provê subsídios para que o estudante desenvolva as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT205**.

Ao iniciar a atividade, proponha uma revisão das etapas de uma metodologia científica, exemplificada pelo trabalho de Eratóstenes no começo deste capítulo, e incite os estudantes a identificá-las na proposta experimental.

Ressalte a importância da coleta de dados de forma rigorosa e esquematizada, pois os resultados destas medidas serão a base para a confirmação da hipótese elaborada.

Outra abordagem possível para este experimento é sobre a incerteza das medidas obtidas: para cada objeto, o estudante pode avaliar as variações nas medidas solicitadas quando tomadas várias vezes com o mesmo instrumento de medida, mudando o instrumento e também o operador.

Caso haja possibilidade de trabalhar dessa forma, organize os grupos de maneira que cada um faça as medições com uma determinada régua e fita métrica e depois troquem os instrumentos, anotando sistematicamente as medidas a cada troca. Se possível, introduza variáveis diferentes durante a realização das medidas para que influenciem os resultados, anotando também sistematicamente esses dados.

Oriente os estudantes a analisarem as diferenças dos resultados obtidos e possíveis causas, como o próprio instrumento, o operador do instrumento, as condições nas quais as medidas foram feitas etc., de forma que reconheçam que a construção de uma explicação científica deve levar em conta essas diferenças observadas.

Se desejar, apresente aos estudantes algumas curiosidades sobre o número π.

Algumas curiosidades sobre o número π

Muitos poderiam pensar que, pelo fato de esse número ser representado por uma letra do alfabeto grego, teriam sido os antigos gregos os primeiros a utilizá-lo, mas não é o que a história diz.

Não se pode precisar a origem do valor dessa constante com tanta certeza quanto a que se tem em relação ao primeiro aparecimento do "pi" representado pela letra π, como símbolo matemático da razão entre o perímetro e o diâmetro de uma circunferência, que foi em 1706, no livro do matemático inglês William Jones (1675-1749). Curiosamente, em 1647, o também matemático inglês William Oughtred (1574-1660) usou a letra π para representar o perímetro da circunferência, talvez por se tratar da primeira letra da palavra grega "periferia", que significa perímetro, contorno, borda.

Sem conhecer os trabalhos de Jones, quando o matemático suíço Leonhard Euler (1707-1783) começou a publicar mundialmente seus trabalhos usando a letra π para essa constante, a notação se firmou definitivamente.

A razão constante entre o perímetro e o diâmetro de qualquer circunferência já era conhecida desde 1900 a.C., no antigo Egito, onde usava-se o π com o valor $\frac{25}{8}$. Na Babilônia, era conhecido com o valor $\frac{256}{81}$, e a Índia adotava $\frac{339}{108}$.

De acordo com uma interpretação do matemático russo G. Gléizer, em um texto bíblico hebraico dos séculos X a V a.C., encontramos o π com uma notável exatidão de cinco algarismos significativos: 3,1415094!

A tabela a seguir mostra um resumo dos valores aproximados para o π adotados em diversas épocas e diversos lugares.

O número π pelo mundo	
Local e data	**Valor aproximado**
Mesopotâmia – 1000 a.C.	3
Antigo Egito – 1000 a.C.	3,16
Antiga China – século XII a.C.	3
Antiga Judeia – de X a V a.C. (hipótese de Gléizer)	3,1415094
Grécia (Arquimedes) – século III a.C.	$\frac{22}{7} = 3{,}1428...$
China – século I a.C.	3,1547
Itália (Vitruvius) – 14 d.C.	$3\frac{1}{8} = 3{,}125$
China – século V d.C.	3,1415929...
Índia (Brahmagupta) – 598 d.C.	$\sqrt{10} = 3{,}162...$

O número π segundo Euler:

$$\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + ... = \frac{\pi^2}{6}$$

ou

$$4 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + ...\right) = \pi$$

O número π na internet: <http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/aplcom1a.html>. Acesso em: 24 jun. 2020.

MODERNA

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT205**
- **EM13MAT302**
- **EM13MAT401**

Essa *Atividade prática* possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, já que o estudante terá que construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregando o uso de instrumentos de medição para representar e interpretar dados e resultados experimentais e avaliar uma situação-problema sob uma perspectiva científica; **EM13CNT205**, pois o estudante deverá interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais. **EM13MAT302** e **EM13MAT401**, ao fazer uma estimativa do valor de pi através do gráfico de uma equação polinomial do 1º grau.

CAPÍTULO 3 Elementos, substâncias e reações químicas

Metas do capítulo

- Pesquisar valores de temperatura de fusão e de ebulição, referentes à pressão atmosférica ao nível do mar, e utilizá-los para prever em que fase uma substância se encontra, a certa temperatura, nessa pressão.
- Investigar o que são curva de aquecimento e curva de resfriamento de uma substância e reconhecer nelas os valores de temperatura de fusão e de ebulição dessa substância.
- Inferir que há proporcionalidade direta entre massa e volume de amostras de uma substância, desde que estejam todas em uma mesma fase e submetidas a temperatura e pressão constantes.
- Investigar o fenômeno do estouro da pipoca, levantando observações experimentais e propondo um modelo para explicá-lo.
- Utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) para expor o modelo proposto, argumentando em favor dele.
- Perceber que cada substância química tem propriedades que lhe são características.
- Compreender o que é uma reação química e reconhecer evidências visuais que podem caracterizar sua ocorrência, sendo também capaz de distinguir casos em que tais evidências não estão associadas a transformação química.
- Conhecer a teoria atômica de Dalton e, à luz dela, distinguir substância simples de substância composta.
- Distinguir símbolo de fórmula e compreender a finalidade dessas representações.
- Interpretar equações químicas e compreender que o balanceamento respeita a conservação dos átomos.
- Refletir sobre custos ocultos de mercadorias e argumentar se deve haver sua inclusão nos preços ao consumidor.

Sugestões didáticas e comentários

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

Este capítulo insere-se de duas maneiras no tema do volume. Em primeiro lugar, aborda um conjunto de conceitos fundamentais e introdutórios à Química, que alicerçam o conhecimento científico dessa área, tais como temperatura de fusão, temperatura de ebulição, densidade, substância, mistura e reação química. Em segundo lugar, o capítulo propicia a retomada de alguns aspectos da metodologia científica apresentados no Capítulo 1 e sua utilização para elucidar a resposta de uma pergunta que, para muitos, evoca grande curiosidade: por que a pipoca estoura?

Aproveite a foto de abertura para instigar os estudantes a manifestar suas opiniões sobre a resposta a essa pergunta. Registre essas opiniões para que possa aproveitá-las nas etapas de fechamento da *Atividade prática* do final do Item 3 (que é sobre o estouro da pipoca), especialmente nos debates com a classe quando os representantes de cada grupo expuserem as conclusões de suas equipes. Além disso, aproveite a curiosidade gerada pela pergunta de abertura para estimular os estudantes ao estudo dos temas iniciais do capítulo, necessários à elaboração de uma resposta.

Esteja atento para não antecipar, neste momento inicial, a discussão que deve ser realizada pelos estudantes na *Atividade prática*. Procure ouvi-los, instigar sua curiosidade e estimular todos a opinar. Procure também tranquilizá-los em eventuais manifestações de ansiedade, pois, quando confrontados com perguntas que geram curiosidade, é muito frequente alguns desejarem saber de imediato qual é a resposta. Essa ansiedade é uma manifestação da busca pela informação pronta e finalizada que, com a mesma velocidade com que é recebida, poderá desaparecer. A ideia é conduzi-los à observação criteriosa, à proposição de hipóteses e ao teste dessas hipóteses para que possam chegar por seus próprios meios à formulação de uma proposta consistente, com a mediação e a eventual intervenção pedagógica do professor.

Uma maneira de contornar as manifestações de ansiedade diante da problematização inicial, é tornar os estudantes partícipes do processo, pedindo a eles que registrem por escrito no caderno suas opiniões e eventuais incertezas sobre o tema. Nesse caso, é fundamental que você proporcione um tempo durante a aula, ao final do Item 3 do capítulo, após o término das discussões sobre o estouro da pipoca, para que cada estudante possa reler as concepções prévias que registrou e reelaborá-las, possibilitando assim a aquisição do novo conhecimento, que consiste não apenas na resposta a que se chegou, mas também nas etapas percorridas para elaborá-la.

MANOBRA

1. Mudanças de fase da água

Iniciando o capítulo, são abordadas as denominações das transições de fase e o fato de a temperatura permanecer constante quando uma substância pura passa por transição de fase, a pressão constante.

A BNCC ressalta que a escola deve "promover a aprendizagem colaborativa, desenvolvendo nos estudantes a capacidade de trabalharem em equipe e aprenderem com seus pares" (BNCC, 2018, p. 465), razão pela qual enfatizamos a importância de se criarem condições, no ambiente de aprendizado, para realizar as atividades dos quadros *Atividade em grupo*.

Atividade em grupo

Os estudantes são convidados a conhecer curvas de aquecimento e de resfriamento, gráficos de como a temperatura de um material (expressa no *eixo das ordenadas*, eixo *y*) varia com o tempo de aquecimento ou de resfriamento da amostra (no *eixo das abscissas*, ou eixo *x*), ou seja, são gráficos de **temperatura em função do tempo**. Subentende-se, nesse tipo de representação, que a pressão é fixa (e, salvo menção em contrário, igual à pressão atmosférica média ao nível do mar, que vale 1 atm, ou 760 mmHg, ou 101,3 kPa) e que a taxa de transferência de energia térmica para a amostra é constante.

Na curva de aquecimento da água é possível notar cinco trechos distintos, cujos significados estão indicados na Figura 1. Na curva de resfriamento dessa substância (Fig. 2), tem-se o inverso desses processos.

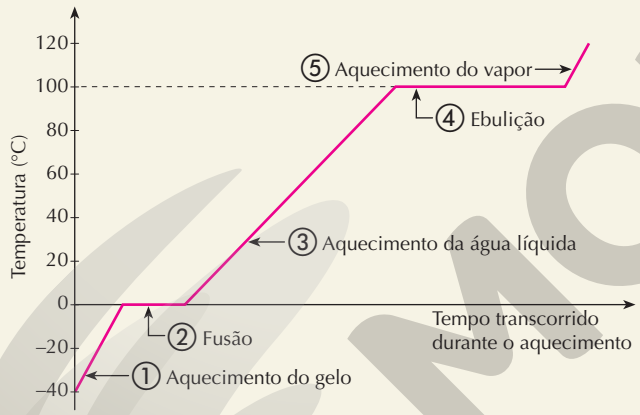


Figura 1 Curva de aquecimento da água pura, a 1 atm (101,3 kPa).

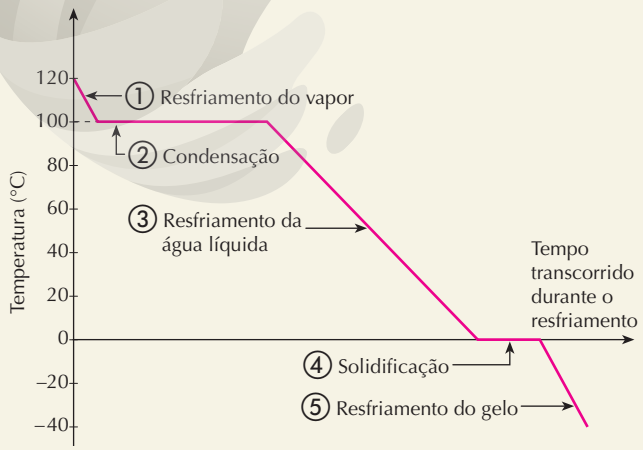


Figura 2 Curva de resfriamento da água pura, a 1 atm (101,3 kPa).

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

A relação solicitada no quadro, à qual se espera que os estudantes cheguem, é que essas curvas evidenciam a constância da temperatura durante as transições de fase, a pressão constante. Além disso, a temperatura de fusão e a de ebulição podem ser lidas nesses gráficos. As curvas de outras substâncias são similares, cada uma com valores característicos de temperaturas de transição de fase.

Essa *Atividade em grupo* está ligada ao desenvolvimento das habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT303** da BNCC, comentadas à frente.

A título de exemplo, o docente pode apresentar a curva da Figura 3 e propor que os estudantes: (1) expliquem o que ocorre em cada trecho (AB, BC etc.); (2) determinem as temperaturas nas quais ocorrem a fusão (*TF*) e a ebulição (*TE*) da substância; e (3) proponham qual dos processos requer maior absorção de energia pela amostra, a fusão ou a ebulição, e justifiquem. Nessas questões, espera-se que os estudantes concluam que: (1) AB – aquecimento do sólido, BC – fusão, CD – aquecimento do líquido, DE – ebulição e EF – aquecimento do vapor; (2) *TF* = –20 °C (a 1 atm) e *TE* = 80 °C (a 1 atm); (3) a fusão dura 10 min e a ebulição, 25 min, o que evidencia que a ebulição requer maior absorção de energia pela amostra que a fusão.

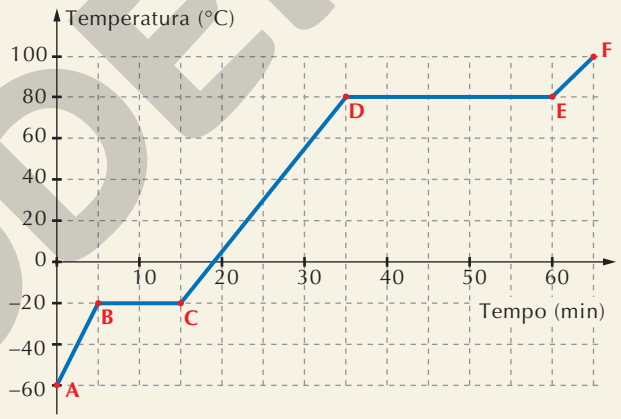


Figura 3 Curva de aquecimento de substância hipotética, a 1 atm (101,3 kPa).

2. Temperaturas de fusão e de ebulição

Esse item estende a discussão anterior e as conclusões tiradas na investigação dos estudantes sobre curva de aquecimento e curva de resfriamento, conceituando temperatura de fusão (*TF*) e de ebulição (*TE*).

Atividade em grupo

Essa atividade possibilita que os estudantes desenvolvam a habilidade capacidade de prever a faixa de temperatura (na pressão a que se referem os valores de *TF* e *TE*) em que uma substância se encontra em determinada fase. Para que possam propor soluções às situações apresentadas, é necessário que investiguem valores de *TF* e *TE*, pois, propositalmente, nem todos os dados necessários são apresentados na tabela do Livro do Estudante. A Tabela 1,

MODERNA

neste Suplemento do Professor, lista os dados que devem ser buscados. Esteja atento ao fato de que dados de *TF* e *TE* variam ligeiramente de uma fonte para outra, o que não é obstáculo à realização da atividade. Ao contrário, propicia a discussão sobre divergência de informações e a busca de fontes de informação consideradas confiáveis.

Tabela 1 Temperaturas de fusão (*TF*) e de ebulição (*TE*) das substâncias envolvidas na *Atividade em grupo*, em graus Celsius (°C), a 1 atm (101,3 kPa).

Substância	*TF*	*TE*
Água	0	100
Alumínio	660	2.519
Benzeno	6	80
Bromo	−7	59
Cloro	−102	−34
Cobre	1.085	2.560
Estanho	232	2.586
Fenol	41	182
Ferro	1.538	2.861
Gálio	30	2.229
Níquel	1.455	2.913

Fonte: HAYNES, W. M. (Ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Primeira situação: podem ser utilizados alumínio, cobre, ferro e níquel, pois apresentam temperatura de fusão superior a 300 °C, portanto, são sólidos na temperatura de operação da máquina. Gálio e estanho não são adequados, pois são líquidos a 300 °C. Note que o gálio pode fundir em contato com a palma da mão!

Segunda situação: o fenol apresenta a maior temperatura de fusão (41 °C); portanto, para garantir que todas as substâncias estejam líquidas, a temperatura mínima deve ser 41 °C. O bromo apresenta a menor temperatura de ebulição (59 °C); então, para assegurar que todas elas estejam em fase líquida, a temperatura máxima é 59 °C. Portanto, o experimento deve ser realizado entre 41 °C e 59 °C.

Terceira situação: o cloro tem temperatura de ebulição −34 °C. Assim, acima de −34 °C, o cloro está em fase gasosa, portanto, a substância comercializada não pode ser a substância pura cloro. Os estudantes podem propor que sejam substâncias fabricadas a partir do cloro e cuja função é higienizar a água, impedindo a transmissão de doenças. Uma investigação pelos estudantes revelará que o "cloro sólido" é hipoclorito de cálcio e o "cloro líquido" é uma solução aquosa de hipoclorito de sódio, substâncias produzidas com o elemento químico cloro. Para conhecimento do docente, as fórmulas do hipoclorito de cálcio e do hipoclorito de sódio são, respectivamente, $Ca(ClO)_2$ e NaClO.

Essa atividade está relacionada ao desenvolvimento das habilidades **EM13CNT205**, **EM13CNT307** e **EM13CNT303**, comentadas a seguir.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT307**
- **EM13LP30**

O que está proposto nos quadros *Atividade em grupo*, nos Itens 1 e 2 deste capítulo, vai ao encontro do preconizado na BNCC, na qual consta que "no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos" (BNCC, 2018, p. 548).

Tais atividades possibilitam o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT205**, no que se refere a realizar previsões sobre fenômenos naturais (faixas de prevalência estável de determinado estado de agregação) e processos tecnológicos (utilização de substâncias em situações específicas); **EM13LP30**, pois na *Atividade em grupo* do Item 1, os estudantes serão estimulados a realizar pesquisas de diferentes tipos, usando fontes abertas e confiáveis, registrando o processo e comunicando os resultados, tendo em vista os objetivos pretendidos; **EM13CNT307**, quanto a analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (especificamente no caso da *Atividade em grupo* do Item 2); e **EM13CNT303**, pois envolve interpretar textos disponíveis em diferentes mídias (na busca das informações necessárias), considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em gráficos (curvas de aquecimento e resfriamento) e/ou tabelas (de *TF* e *TE*), visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

3. Densidade

Aqui, o capítulo aborda o conceito de densidade, com vistas à percepção de que há uma proporcionalidade direta entre massa e volume de amostras de uma substância, desde que estejam todas em uma mesma fase e submetidas a temperatura e pressão constantes.

As atividades do *Aplicando conhecimentos*, a seguir, contribuem para a percepção da proporcionalidade mencionada.

Aplicando conhecimentos

1 Um exemplo de gráfico esperado, conforme as sugestões apresentadas, é:

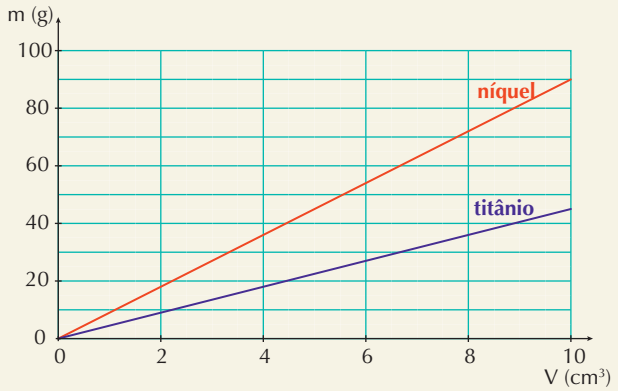


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Gráfico a ser construído pelos estudantes na atividade 1, que expressa a massa de objetos de níquel e de titânio em função de seu volume, a 25 °C.

O gráfico evidencia a correlação de proporcionalidade direta entre massa e volume para cada metal. Quando o volume dobra, a massa dobra, e assim por diante.

MODELO

2 Fixando-se um valor no eixo x (fixando-se um volume), a leitura do gráfico revela que o pedaço de níquel apresenta maior massa (o dobro, pois sua densidade é duas vezes maior).

3 Fixando-se um valor no eixo y (fixando-se uma massa; é conveniente que ela seja menor que 45 g, para dar leitura nas duas retas dentro da faixa de volumes apresentada), a leitura do gráfico revela que a amostra de titânio tem maior volume (o dobro, pois sua densidade é a metade).

4 a) Proveta é um cilindro graduado com pedestal, usado para leituras de volumes de líquido (precisão maior que a de um béquer ou um erlenmeyer, porém menor que a de uma bureta ou uma pipeta). A leitura deve ser feita frontalmente, com a linha de visão perpendicular à proveta, **observando a parte inferior do menisco** (superfície do líquido).

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Esquema referente à atividade 4a, sobre a leitura do volume de líquido em uma proveta. (Representação esquemática; cores meramente ilustrativas.)

b) O botão "zerar" ou "tarar" é utilizado para garantir que, na ausência de objeto sobre o prato da balança, a massa medida seja igual a zero. Além disso, pode haver a necessidade de que a massa de um recipiente (um béquer, por exemplo) não seja considerada na determinação da massa. Nesse caso, a massa medida pela balança é zerada (também pode ser dito: a balança é tarada) após colocar o recipiente vazio sobre seu prato.

c) Mede-se a massa do parafuso com a balança (corretamente zerada antes da medição). Coloca-se água na proveta até uma determinada marca (suficiente para submergir o parafuso, digamos 10 mL). Mergulha-se o parafuso, de modo que ele fique totalmente submerso e lê-se o novo nível. Por diferença, tem-se o volume do parafuso. A divisão da massa pelo volume fornece a densidade.

5 O procedimento segue aquele descrito na atividade anterior. Além dos objetos propostos, outros podem ser utilizados, como pequenas placas metálicas, por exemplo, desde que caibam na proveta. No caso de objetos feitos de um único metal, pode-se instigar os estudantes a propor qual é o metal, investigando valores de densidade. Em termos de segurança, ressalte aos estudantes que a proveta, como todas as vidrarias de laboratório, é frágil, pode se quebrar e provocar ferimentos. Eles devem manuseá-la com cuidado.

Atividade prática

Na fase inicial da atividade, em que observações devem ser listadas, é de se esperar, entre outras, as seguintes: há aumento de volume, há produção de ruído, é um processo súbito, textura muda de rígida para macia, calor é necessário, odor é sentido, a densidade inicial é maior que a densidade final, mudança de formato, é mais gostosa com manteiga e sal (Não se pode cercear a listagem de observações impondo que esta ou aquela observações sejam irrelevantes!), óleo ou manteiga frequentemente usados, os grãos adquirem velocidade, água se condensa na tampa da panela (ou na porta do micro-ondas) e uma névoa de vapor recém-condensado pode ser vista, mudança de cor, pipoca pronta parece ter sido "invertida" e alguns dos grãos não estouram.

Como afirma a BNCC, "poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos" (BNCC, 2018, p. 547). "A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico" (BNCC, 2018, p. 548). Perceba, à luz dessas afirmações, que a relevância da atividade está no processo, na metodologia, nas ações de observar, conjecturar, debater, propor e argumentar. De nada adianta fornecer a lista de evidências aos estudantes. Instigue-os para que eles a elaborem.

Sobre a conjectura de quais substâncias devem existir dentro do grão de milho, espera-se a conclusão de que a água é certamente uma delas. Afinal, há um embrião vegetal vivo dentro dessa estrutura — o grão é um fruto e parte dele é uma semente —, que pode germinar em condições adequadas.

Antes de as equipes se reunirem para propor uma hipótese, você pode sugerir aos estudantes que investiguem qual é a temperatura que o óleo de cozinha, ainda líquido, pode atingir no aquecimento. Os valores de temperatura de ebulição variam em função do óleo (e também por ser uma mistura, que não apresenta temperatura de ebulição constante), mas são frequentemente superiores a 200 °C. (De fato, ao fazer frituras, deve-se evitar passar de 180 °C ou 190 °C para não ocorrer decomposição do óleo com liberação de acroleína, que é tóxica.)

Assim, espera-se que os estudantes proponham que o aquecimento do grão, no óleo quente ou no micro-ondas, provoca ebulição da água. O vapor, contudo, fica retido dentro da casca, aumentando a pressão interna até que ela se rompa. Nesse evento, há súbita expansão do vapor liberado e, como ele está entremeado às reservas nutritivas do grão, estas se estufam.

Fragmentos da casca podem ser encontrados, e parte deles permanece aderida à pipoca pronta, cujo formato parece ter sofrido uma inversão de dentro para fora. O vapor de água liberado se condensa assim que é resfriado, o que pode ocorrer na tampa da panela, na porta do forno de micro-ondas e/ou na atmosfera.

Uma hipótese para explicar por que alguns grãos não estouram é que eles estão perfurados (por exemplo, caruncha-dos). Para testar essa proposta, espera-se que os estudantes proponham pegar duas amostras de grãos, manter uma como controle e perfurar os grãos da outra com alfinetes e/ou rasgá-los com um estilete. **Atenção! O professor deve manusear essa lâmina!** Ao aquecer as amostras, apenas a que tem a casca íntegra produzirá pipocas.

EDIÇÃO DE PROVA

Por que o milho verde não estoura? Esperam-se propostas de que o milho verde tem baixo conteúdo de água e/ou sua casca não é suficientemente resistente. Para conhecimento do docente, ambas as coisas são experimentalmente comprovadas.

Também para sua informação, experimentos revelaram que, no momento do rompimento da casca, a temperatura interna é cerca de 177 °C e a pressão é da ordem de 9,18 atm (MISHRA, G. *et al*. *Journal of Grain Processing and Storage*. v. 1, 2014, n. 2, p. 34-46).

Como parte final da atividade, oriente os estudantes a relatarem sua explicação em um *podcast* ou em uma postagem de texto ou de vídeo em redes sociais.

Estimule-os, também, a fazer um vídeo de **divulgação científica** explicando o estouro da pipoca para não estudantes, procurando usar linguagem e dinâmica atraentes, que prendam a atenção do público em geral e revelem a importância da Ciência e da tecnologia na compreensão de fenômenos.

No tocante a isso, é oportuno lembrar aqui a assertiva da BNCC de que a escola deve possibilitar aos estudantes "apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos e apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização" (BNCC, 2018, p. 467).

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT205**
- **EM13CNT302**

A *Atividade prática* de investigação do estouro da pipoca, comentada anteriormente, propicia o desenvolvimento de algumas das habilidades da BNCC: **EM13CNT301**, pois se trata de elaborar hipóteses, previsões e estimativas, representar e interpretar modelos explicativos, dados e resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de uma situação-problema sob uma perspectiva científica; **EM13CNT205**, já que envolve interpretar resultados e realizar previsões sobre uma atividade experimental, reconhecendo que a investigação proposta está dentro dos limites explicativos das Ciências da Natureza; e **EM13CNT302**, uma vez que os estudantes deverão comunicar resultados do experimento, interpretando dados da literatura (presença de água no grão, temperatura de ebulição da água e do óleo), por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a contribuir para um entendimento de relevância cultural.

4. Substâncias químicas *versus* misturas

5. Reação (transformação) química

O Item 4 mostra que substâncias químicas são caracterizadas por suas propriedades, sendo esse conhecimento usado no Item 5 para conceituar transformação (reação) química. Perceba que o equacionamento de reações, neste ponto, utiliza apenas o nome das substâncias e não suas fórmulas.

Esteja atento, ao trabalhar as possíveis evidências de ocorrência de uma reação química, para o fato de existirem processos em que o mesmo tipo de evidência não está associado a esse tipo de transformação, como explica o texto do livro. Assim, liberação de gás ou de calor e mudança de cor ou de odor não devem ser consideradas evidências inequívocas, requerendo atenção do estudante para o contexto em que ocorrem.

6. Substâncias: simples *versus* compostas

Esse item apresenta o conceito de reação de decomposição e comenta que, nas condições experimentais e analíticas que se utilizavam nos séculos XVIII e XIX, percebia-se que algumas substâncias podiam ser decompostas e outras não. Sob o ponto de vista do desenvolvimento histórico da Química, isso foi relevante porque suscitou experimentos e debates científicos relativos à busca das entidades elementares, entendendo-se o adjetivo **elementares**, nesse contexto, sob ponto de vista de **composição química**, ou seja, havia uma busca pelos **elementos químicos** que constituíam as substâncias.

Uma breve digressão: no final do século XIX e nos séculos XX e XXI, sob condições experimentais mais enérgicas e com métodos de detecção mais elaborados (desde os tubos de raios catódicos e emulsões fotográficas até o Grande Colisor de Hádrons, acelerador de partículas em uso no CERN, com seus avançados sistemas de detecção), foi possível avançar no sentido de buscar partículas constituintes da matéria, partículas elementares que estariam ligadas à constituição da matéria e do Universo. Neste momento do curso, é importante que se esclareça ao docente, não estamos usando o adjetivo **elementares** neste sentido (ou seja, não estamos falando em Física de partículas e em partículas elementares), mas no contexto do desenvolvimento do pensamento químico nos séculos XVIII e XIX, que, entre outras frentes de pesquisa, buscava pelos **elementos químicos**.

Voltemos ao desenvolvimento do tema do livro. A título de exemplificação, você pode apresentar os seguintes dados em sala. Em uma série de experimentos químicos, seguindo rigorosamente todas as normas de segurança laboratorial, as substâncias nitrato de amônio, nitrito de amônio e amônia foram submetidas a condições que provocaram sua decomposição:

nitrato de amônio $\rightarrow$ óxido nitroso + água

nitrito de amônio $\rightarrow$ nitrogênio + água

amônia $\rightarrow$ nitrogênio + hidrogênio

Isso revela que as três (nitrato de amônio, nitrito de amônio e amônia) não são quimicamente elementares, já que podem se decompor. Em outras palavras, se é possível desmembrar algo em entidades menos complexas, então aquilo que existia inicialmente era mais complexo em sua composição, ainda que essa composição não nos seja diretamente acessível.

Prosseguindo com a apresentação de fatos: experimentalmente, constatou-se que duas das substâncias produzidas nas reações mencionadas, quando submetidas a condições adequadas, decompuseram-se e os resultados foram:

óxido nitroso $\rightarrow$ nitrogênio + oxigênio

água $\rightarrow$ hidrogênio + oxigênio

Isso evidencia que esses dois reagentes (óxido nitroso e água) também não são quimicamente elementares.

Testando nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, verificou-se que não se decompunham em outras substâncias, o que sugeria que são substâncias constituídas de entidades elementares. (Ao falar que não se verificou que essas substâncias se decompusessem, estamos nos referindo a condições experimentais vigentes nas épocas mencionadas e na capacidade de análise de produtos então existente, ou seja, não estamos falando de situações suficientemente energéticas para que haja quebra de ligações covalentes e ionização de átomos originando plasma.)

O desenvolvimento científico envolve a participação de muitos indivíduos, experimentação diversificada, elaboração e teste de hipóteses. O que acabamos de expor dá uma breve noção da linha de raciocínio que conduziu à conceituação de elemento químico, que será apresentada aos estudantes em sua forma atual no Capítulo 4. Comentar, neste momento, sobre a busca dos **elementos químicos** é relevante para que os aprendizes compreendam a presença dessa terminologia na teoria atômica de Dalton, do início do século XIX, estudada no item seguinte.

Atividade prática

Na *Atividade prática* do Item 6, os estudantes observarão a decomposição da água oxigenada, sob ação da **catalase**, uma enzima presente na batata (e em muitos outros seres vivos).

Ao investigarem na literatura técnica a composição da água oxigenada, deverão descobrir que é uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio e que a decomposição dessa substância produz água e gás oxigênio:

peróxido de hidrogênio $\rightarrow$ água + gás oxigênio

Este último é o agente desinfetante que atua quando se emprega água oxigenada a 10 volumes (cerca de 3% em massa) para higienizar ferimentos superficiais.

Pode-se solicitar aos estudantes que expliquem se a reação em questão teria possibilitado a químicos do passado inferir quais elementos químicos compõem o peróxido de hidrogênio. Em função da decomposição em água e oxigênio (e do conhecimento de que a água, por sua vez, pode ser decomposta em hidrogênio e oxigênio), espera-se que concluam que sim: essa reação poderia ter sido usada como evidência para inferir que os elementos constituintes são hidrogênio e oxigênio (seguindo raciocínio similar ao que foi discutido anteriormente, neste Suplemento do Professor).

A seu critério, você também pode propor aos estudantes a seguinte situação: Se a batata fosse cozida antes do experimento, o resultado seria outro? Investiguem experimentalmente e, em caso afirmativo, proponham uma explicação. Aqui, a expectativa é a de que concluam, realizando o experimento, que o cozimento da batata anula ou reduz drasticamente a atividade da batata como fator desencadeante da reação. É até onde se espera que os estudantes consigam chegar.

Para conhecimento do docente, o aquecimento desnatura as proteínas, ou seja, modifica sua forma tridimensional, o que, no caso de enzimas, provoca a perda da atividade catalítica. Quanto mais prolongado o cozimento, maior a porcentagem de moléculas da enzima catalase desnaturadas.

Do exposto, pode-se depreender por que a água oxigenada não se decompõe quando aplicada sobre a pele humana não lesada; nesse caso, a atividade da catalase está preservada, mas ela está confinada no interior das células, já que não houve lesões para provocar extravasamento dessa enzima para o meio externo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT205**

A *Atividade prática* que está no Item 6, a exemplo da anterior, propicia o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT205** da BNCC, pois envolve a percepção de que o fenômeno está dentro dos limites explicativos das Ciências da Natureza, a interpretação de resultados de atividade investigativa, bem como a busca de informações e a realização de previsões, empregando modelos explicativos para argumentar.

7. A teoria atômica de Dalton

8. Símbolos e fórmulas

No Capítulo 1 do Livro do Estudante, comentamos que Thomas Kuhn, em seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, destaca a teoria atômica de Dalton como exemplo significativo de revolução científica, aquela que conduz a uma mudança de paradigma.

Sob o ponto de vista pedagógico, o estudo dessa teoria, e do modelo atômico concernente, contribui para a compreensão de que, em "Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico" (BNCC, 2018, p. 548).

Após diversos experimentos, um cientista ou grupo de cientistas pode constatar regularidades naturais, cujo enunciado com palavras e/ou equações matemáticas, é uma **lei** (ou **princípio**). Sua validade está vinculada a uma constatação, não a uma explicação. A lei científica generaliza um comportamento regular verificado em fenômenos de certo tipo, não se constituindo numa tentativa de explicar a razão de tal regularidade. Duas leis anteriores à teoria daltoniana merecem ser aqui comentadas.

Entre as contribuições à Ciência do francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), a mais conhecida foi enunciada após realizar diversas reações químicas em recipientes fechados e determinar a massa do recipiente antes e depois de a transformação acontecer. Ao escolher recipientes fechados, o cientista eliminou dúvidas sobre a possível entrada ou saída de gases. Com base nos resultados, ele pôde enunciar que, quando uma reação química ocorre em um recipiente fechado, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes (**lei de Lavoisier** ou **lei da conservação da massa**).

MODERNA

A determinação das massas de reagentes e produtos também foi importante para que outro francês, Joseph-Louis Proust (1754-1826), propusesse que as substâncias compostas têm composição fixa (**lei das proporções constantes** ou **lei de Proust**). Por exemplo, as massas de hidrogênio e oxigênio que se combinam para formar água podem variar, mas sempre estão na proporção 1 para 8:

$$\frac{\text{massa de hidrogênio}}{\text{massa de oxigênio}} = \frac{1\,g}{8\,g} = \frac{2\,g}{16\,g} = \frac{3\,g}{24\,g} = \frac{11{,}11\,g}{88{,}89\,g}$$

e as massas de carbono e oxigênio que formam o gás carbônico sempre guardam entre si a proporção de 3 para 8:

$$\frac{\text{massa de carbono}}{\text{massa de oxigênio}} = \frac{3\,g}{8\,g} = \frac{6\,g}{16\,g} = \frac{12\,g}{32\,g} = \frac{27{,}27\,g}{72{,}73\,g}$$

Assim, a substância (pura) água, não importando sua origem (desde que tenha sido adequadamente purificada), é constituída de 11,11% de hidrogênio e 88,89% de oxigênio, em massa. No caso do gás carbônico (puro), independentemente de onde foi obtido, essa proporção é de 27,27% de carbono para 72,73% de oxigênio. No cloreto de sódio (puro), é de 39,32% de sódio para 60,68% de cloro.

Diferentemente de uma lei, uma **teoria** corresponde a uma hipótese que foi proposta para explicar fatos e, explicando-os adequadamente, é aceita pela comunidade científica, pelo menos durante certo período de tempo, até que, à luz de fenômenos que não explique adequadamente, precise ser aperfeiçoada ou substituída.

Assim foi com a teoria atômica de Dalton, que permitiu explicar as leis de Lavoisier e Proust. De acordo com ela, os átomos apenas se recombinam durante uma reação química e, como eles não são destruídos nem formados, a massa de reagentes é sempre igual à de produtos (conservação da massa). As moléculas de um composto químico são formadas por átomos unidos numa proporção bem definida de números inteiros (1**:**1, 1**:**2, 1**:**3, 1**:**4, 2**:**3 etc.). Assim, não importando qual seja a massa da amostra de determinado composto que consideremos, a proporção entre as massas dos átomos presentes será sempre a mesma (proporções constantes), pois tal proporcionalidade decorre da massa individual dos átomos e da relação de números inteiros em que eles se combinam.

Com a teoria de Dalton, pôde-se inferir que dois elementos podem, eventualmente, formar mais de um composto. De fato, diversos casos são conhecidos (como H_2O e H_2O_2; SO_2 e SO_3; CO e CO_2), muitos deles evidenciados durante o século XIX.

Percebe-se, aqui, o aspecto preditivo do raciocínio científico e a oportunidade de auxiliar os estudantes a "associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos" e "aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico" (BNCC, 2018, p. 323).

Na época de sua proposição (primeira década do século XIX), a teoria daltoniana lançou clareza na distinção entre substâncias compostas e misturas.

O cloreto de sódio e a água são **compostos** porque há sempre uma proporção definida nas massas dos elementos combinados, não importando a origem da amostra (desde que adequadamente purificada):

sódio	+	cloro	→	cloreto de sódio
39,32 g		60,68 g		100 g
hidrogênio	+	oxigênio	→	água
11,11 g		88,89 g		100 g

De posse desses dados, podemos calcular a massa dos elementos sódio, cloro, hidrogênio e oxigênio, por exemplo, em uma mistura **A**, feita dissolvendo-se 100 g de cloreto de sódio em 1.000 g de água e, para comparar, em outra mistura **B**, proveniente da dissolução de 200 g de cloreto de sódio em 1.000 g de água.

- A composição elementar da mistura **A** é 39,32 g de sódio, 60,68 g de cloro, 111,1 g de hidrogênio e 888,9 g de oxigênio.
- A composição elementar da mistura **B** é 78,64 g de sódio, 121,36 g de cloro, 111,1 g de hidrogênio e 888,9 g de oxigênio.

Note que **não há constância na proporção** de cloro e hidrogênio, ou de sódio e oxigênio nessas amostras. Por isso, soluções de cloreto de sódio em água são apenas **misturas** e não compostos!

Durante boa parte do século XIX, o modelo atômico de Dalton foi adequado para explicar as relações de massa na combinação entre átomos. Ele só foi substituído por outro, elaborado por Thomson (Capítulo 4), quando surgiram evidências da natureza elétrica dos átomos.

Dialogando com o texto

Essa atividade convida os estudantes a buscar fotografias das substâncias simples formadas por alguns diferentes elementos químicos. De fato, é um pretexto para ajudar os estudantes a desenvolver atitudes pró-ativas na busca de informações iconográficas e a aproveitar os recursos da internet para seu aprendizado.

9. Equação química

Esse item final do capítulo trabalha a representação de reações químicas por meio de equações químicas. Durante seu desenvolvimento, dê ênfase ao fato de se tratar de uma representação científica. Como tal, é necessário auxiliar os estudantes a compreender a relação entre o que se registra no papel (a equação química) e o fenômeno que é representado (a reação química).

O fenômeno representado, que é a **transformação** de uma ou mais substâncias (os reagentes) em outras (os produtos), pode ser constatado experimentalmente por meio das propriedades das substâncias presentes em um sistema, pois reagentes e produtos, sendo diferentes substâncias, apresentam diferentes propriedades (como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade). Em nível atômico-molecular, a transformação química consiste em um **rearranjo na maneira como os átomos estão combinados**.

MODERNA

Atividade em grupo

Nessa atividade, os estudantes devem construir modelos que representem as moléculas de reagentes e de produtos de algumas reações químicas cuja equação é fornecida. Sua intervenção é importante para salientar a eles que se trata de um modelo, uma **representação**. Independentemente da escolha do material a ser ser usado (contas de plástico, bolinhas de massa de modelar ou qualquer outro considerado conveniente), é fundamental destacar que se trata de uma representação. Ressalte que **as cores empregadas não são reais** e que os átomos não são esferas rígidas, são assim representados no modelo de Dalton.

Há outro aspecto importante que requer sua intervenção. Quando ocorre o rearranjo da maneira como os átomos estão ligados, as moléculas de reagentes **transformam-se** em moléculas de produtos. Assim, é pedagogicamente conveniente não estimular as equipes a representarem simultaneamente moléculas de reagentes e de produtos, mas, ao contrário, representar primeiramente as moléculas de reagentes e, a partir delas, por **rearranjo** das esferas que representam os átomos, representar as moléculas de produtos. Isso auxilia na compreensão de que os mesmos átomos existentes nos reagentes estarão nos produtos, porém combinados de modo diferente.

Essa proposta visa a um trabalho com a conservação de átomos, dentro do desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**.

Segundo conveniência local, que deve ser avaliada pelo docente, os modelos solicitados podem também ser elaborados em aplicativos de desenho bidimensional ou tridimensional, o que enriquecerá a atividade e agilizará a postagem dos resultados em mídias sociais. No caso de utilização desses recursos, é importante a intervenção docente para assegurar-se que está claro que **reagentes se transformam em produtos**. Esse conceito não pode ficar relegado a segundo plano pela presença simultânea de modelos de reagente e produtos, conforme comentado anteriormente.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CNT101**

A atividade *Dialogando com o texto*, na lateral dos Itens 7 e 8, merece sua atenção e intervenção de educador. Destaque aos estudantes a importância de eles adquirirem autonomia na busca de informações, o que vai ao encontro da habilidade **EM13CNT303**, já que se trata do desenvolvimento da capacidade de interpretar textos e imagens de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Nos Itens 7 a 9, há uma clara imbricação com a habilidade **EM13CNT101**, na medida em que os estudantes deverão 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 (veja a *Atividade em grupo* do Item 9).

Em destaque

Nessa atividade, os estudantes investigarão problemas ambientais causados pela produção, uso, descarte e reciclagem de um produto de seu dia a dia. Algumas possibilidades, além das mencionadas no livro, são: pilha, celular, automóvel, papel, etanol, couro, carvão vegetal, computadores, garrafas PET e demais plásticos petroquímicos.

No caso da gasolina, por exemplo, os custos decorrentes do saneamento ambiental no caso de vazamentos de petróleo, da poluição do ar devido à sua combustão e de tratamentos de saúde por problemas respiratórios da população deveriam ser incluídos.

"Como [os custos ocultos de um automóvel] não são incluídos no preço de mercado, a maioria das pessoas não os relaciona com a posse do carro. Ainda assim, mais cedo ou mais tarde, o comprador e a sociedade arcarão com esses custos embutidos na forma de saúde prejudicada, custos de saúde e seguro mais elevados, taxas mais altas para controle da poluição, congestionamentos e a destruição dos ecossistemas substituídos por rodovias e estacionamentos. Muitos economistas e especialistas em ambiente citam a não inclusão dos custos ambientais nocivos nos preços de bens e serviços como uma das principais causas dos problemas ambientais que enfrentamos. [...] De acordo com os economistas ambientais e ecológicos, a fixação do preço com custo total reduziria o desperdício de recursos, a poluição e a degradação do ambiente e melhoraria a saúde humana, de modo que incentivaria os produtores a inventar métodos de produção menos poluentes. Também permitiria aos consumidores tomar decisões mais conscientes sobre os produtos e serviços que compram. Os empregos em negócios prejudiciais ao ambiente deixariam de existir, já que os consumidores escolheriam cada vez mais produtos ecológicos, mas seriam criados empregos em negócios benéficos ao ambiente." MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. *Ciência ambiental*. 14. ed. São Paulo: Cengage, 2016. p. 409.

É relevante, como parte do processo, que os estudantes percebam que a resolução de problemas ambientais esbarra em obstáculos financeiros.

Espera-se que os estudantes se posicionem a favor ou contra a inclusão de determinados custos para cada produto e **apresentem argumentos para embasar sua opinião**. Como parte dessa argumentação, estimule-os a buscarem recursos digitais (infografias digitais, animações, vídeos) que evidenciem problemas socioambientais associados aos produtos e serviços.

Nesse contexto, é importante que os estudantes cheguem à conclusão de que materiais com elevado impacto sobre o ambiente e os seres vivos (por exemplo, polímeros não biodegradáveis e metais tóxicos) devem ser encaminhados adequadamente para a reciclagem, de modo a não oferecer riscos de contaminação. Além disso, é oportuno que mencionem a existência de custos associados a essa reciclagem e se posicionem sobre quem deve se responsabilizar por esses encargos econômicos.

MODELO

A seu critério, oriente os estudantes a divulgar as conclusões para a comunidade, por meio de redes sociais, por exemplo, em *podcast* ou vídeo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT309**

A atividade *Em destaque* está relacionada ao desenvolvimento de diversas habilidades: **EM13CNT101**, pois os estudantes devem analisar transformações em sistemas que envolvam quantidade de matéria para realizar previsões sobre seus comportamentos em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (no caso, a inclusão de custos ocultos favorece processos produtivos ambientalmente benignos); **EM13CNT302**, pois devem comunicar, para públicos variados, resultados de análises, 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; **EM13CNT306**, pois devem avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas (consumo e utilização de produtos, no caso), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos; e **EM13CNT309**, uma vez que precisam analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas (no caso, favorecimento de processos ambientalmente benignos) e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de processos de produção de novos materiais.

CAPÍTULO 4 Modelos atômicos e tabela periódica

Metas do capítulo

- Conhecer o modelo atômico de Thomson e perceber que ele foi o primeiro a incluir características elétricas da matéria.
- Explicar, em linhas gerais, em que consistiu o experimento de dispersão de partículas alfa.
- Conhecer o modelo atômico de Rutherford e relacionar sua proposição aos resultados do experimento de dispersão de partículas alfa.
- Comparar elétron, próton e nêutron quanto à carga elétrica e à massa.
- Compreender os conceitos de número atômico e de número de massa e saber que o primeiro determina o elemento químico.
- Inferir os números de prótons, nêutrons e elétrons de um átomo neutro ou de um íon.
- Reconhecer a estrutura geral da tabela periódica e consultar nela informações sobre elementos químicos.
- Compreender que muitos dos elementos químicos têm dois ou mais isótopos naturais.
- Ter uma noção do que são espectros atômicos.
- Conhecer o modelo atômico de Bohr e explicar o que é quantização de energia.
- Reconhecer fenômenos cotidianos que podem ser explicados (de modo simplificado e qualitativo) pelo modelo de Bohr.
- Relacionar a distribuição eletrônica de elementos representativos à sua posição na tabela periódica.
- Saber que existe um modelo atômico mecânico-quântico, no qual não se fala em posição, velocidade ou trajetória do elétron, mas na sua energia (quantizada) e na probabilidade de encontrá-lo em determinada região.

Sugestões didáticas e comentários

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

Dentro da temática do volume, este capítulo possibilita aos estudantes a percepção de que o conhecimento científico é provisório e dinâmico. Também permite salientar que o desenvolvimento de teorias e modelos se deve aos esforços coletivos de muitos cientistas.

Ao trabalhar a página de abertura do capítulo, é oportuno deixar claro que, em Ciências da Natureza, modelos correspondem a uma descrição simplificada de determinado sistema ou fenômeno, sendo concepções acerca da realidade e não a realidade propriamente dita. Ressalte que eles são elaborados com base em conhecimentos científicos e buscam representar características essenciais do objeto em estudo, conforme necessidades e conveniências específicas do estudo científico em questão.

Outra informação relevante é que os modelos são desenvolvidos a partir de ideias dos cientistas e, por isso, independente da forma como são representados, partem inicialmente de um modelo mental. Apesar de os modelos atômicos serem o enfoque do capítulo, é importante destacar que os modelos mentais podem ser expressos em diferentes formas, tais como desenhos computadorizados, diagramas, gráficos e esquemas.

1. Átomos e a natureza elétrica da matéria

A proposição do modelo atômico de Thomson está fundamentada no aparecimento de evidências que o modelo

MODERNA

de Dalton não explicava. Duas novidades são que o átomo não é considerado indivisível e que, nele, existem cargas elétricas. São pontos a ressaltar dentro da concepção de que "a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições" (BNCC, 2018, p. 550). Neste capítulo, os estudantes perceberão que a concepção de novos modelos — constructos científicos — se dá em função de novas evidências, não explicadas pelos anteriores, novos questionamentos e novas hipóteses.

Ainda que o modelo de Thomson tenha possibilitado explicar alguns resultados de experimentos com descargas elétricas em gases rarefeitos (submetidos a baixa pressão), surgiram novas evidências que ele não explicava.

O resultado do experimento de dispersão de partículas alfa indicou que a distribuição de massa e de carga elétrica não era uniforme nos átomos. Rutherford era o físico que dirigia, na Universidade de Manchester (Inglaterra), a equipe em que Geiger e Marsden (seus orientandos) atuavam. Durante meses, ele incumbiu-se de utilizar conceitos de Mecânica e Eletromagnetismo clássicos para deduzir qual seria a distribuição de carga e massa no átomo condizente com as deflexões observadas.

Você pode encontrar na internet o artigo em que ele publicou seus resultados, buscando, por exemplo, pelo título do artigo (The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom. *Philosophical Magazine*. Série 6, vol. 21, 1911, p. 669-688). No primeiro parágrafo desse artigo, ele cita o experimento, seus realizadores (Geiger e Marsden), a espessura da folha de ouro (0,00004 cm) e que cerca de uma em cada 20 mil partículas alfa foram defletidas por ângulo médio de 90°. O artigo inclui ilustração da trajetória genérica das partículas defletidas e a dedução da equação matemática que a descreve.

Se julgar conveniente, você pode estimular os estudantes a buscarem esse artigo, para mostrar a eles que temos, pela internet, acesso a diversos trabalhos científicos originais que, em sua época, foram seminais.

Na obra, foi feita a opção didática de apresentar o modelo de Rutherford como um dos que foram propostos à época. Para o docente conhecer outros modelos atômicos do início do século XX, sugerimos duas publicações: LOPES, C. V. M. *Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica*. 2009. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009. (Tese de Doutorado em História da Ciência.); MELZER, E. E. A.; AIRES, J. A. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. *Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemática*. v. 11 (22), jan.-jun. 2015. p. 62-77. Os textos sugeridos são disponibilizados na internet e podem ser encontrados buscando pelo título e nome dos autores.

Ao final do Item 1, você pode propor aos estudantes que, divididos em equipes, realizem a seguinte atividade: É frequente referirmo-nos às cargas elétricas de próton, elétron e nêutron de maneira **relativa**, ou seja, em termos comparativos. O mesmo costuma ser feito em relação à massa dessas partículas. Se a carga do elétron for considerada **−1**, proponham como deve ser expressa a carga do nêutron e a do próton. E, se a massa do próton for considerada **1**, sugiram como expressar a massa do elétron e a do nêutron.

A proposição como trabalho em equipe fundamenta-se em "promover a aprendizagem colaborativa, desenvolvendo nos estudantes a capacidade de trabalharem em equipe e aprenderem com seus pares" (BNCC, 2018, p. 465). Por meio do debate, a atividade propicia às equipes a inferência que, de **modo relativo**, se a carga do elétron for considerada **−1** (em determinada unidade arbitrária), a do nêutron será **zero** e a do próton (na mesma unidade) será **+1**. E, se a massa do próton for **1** (em alguma unidade arbitrária), a do elétron (na mesma unidade) será **1/1.836**, ou seja, 1.836 vezes menor, e a do nêutron, aproximadamente **1**. Para conhecimento do educador, a massa do nêutron é cerca de 0,14% maior que a do próton.

Dialogando com o texto

A atividade visa a chamar a atenção dos estudantes para o fato de as ideias científicas serem provisórias, em função do modo de trabalho da Ciência. Aproveite para retomar em sala o que foi estudado no Capítulo 1 e incentive os estudantes a expressarem por que, na opinião deles, novos modelos atômicos surgiram ao longo do tempo.

Você pode, na discussão em sala, fazer um paralelo com a tecnologia, perguntando, por exemplo, se a comunicação humana à distância sempre empregou os mesmos meios. A percepção de que os meios de comunicação evoluíram do uso de cartas para a imprensa, o telefone, o rádio, a televisão e a internet (com todos os progressos que ocorreram em cada um desses casos, por exemplo, a evolução dos dispositivos conectados à internet) permite perceber que, no caso da Ciência, a própria evolução científico-tecnológica permite a obtenção de dados cada vez mais detalhados sobre a realidade, o que tem impacto sobre a interpretação feita acerca dessa realidade, conduzindo a contradições e a novos questionamentos e, consequentemente, à elaboração de novas hipóteses e teorias.

Aproveite a oportunidade para enfatizar que, em razão do caráter dinâmico da Ciência, os modelos são provisórios e tendem a ser modificados ou substituídos por outros modelos elaborados à luz de novos resultados experimentais. Ressalte, também, que todo esse dinamismo da Ciência faz com que muitas pessoas estejam envolvidas nos progressos científicos. Os modelos atômicos buscam explicar dados experimentais, e se embasam no conhecimento científico da época. Dessa forma, quando novos fatos surgem, um modelo deve ser ajustado ou, até mesmo, completamente substituído. Com essas considerações, o estudante poderá perceber que os modelos atômicos não são representações prontas e definitivas e tratam-se de explicações prováveis

MODERNA

que preenchem alguns requisitos na época em que foram elaborados.

O artigo a seguir pode ser útil ao docente com referência a esse assunto:

CHASSOT, A. Sobre prováveis modelos de átomos. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. p. 3.

Nele, o autor faz considerações sobre a elaboração de modelos científicos. Ele é disponibilizado em:

<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf>. Acesso em: maio 2020. Se esse endereço foi alterado, busque pelo nome do artigo e do autor.

Atividade em grupo

A atividade propõe o cálculo do diâmetro aproximado da eletrosfera em uma representação de modelo atômico na qual o núcleo esteja representado por uma miçanga de diâmetro 5 mm (isto é, 5 milésimos de metro, 0,005 m).

A eletrosfera tem diâmetro de dez mil ($10.000 = 10^4$) a cem mil ($100.000 = 10^5$) vezes o do núcleo e estará entre:

- $0{,}005\ \text{m} \cdot 10.000 = 50\ \text{m}$

  ou

  $5 \cdot 10^{-3}\ \text{m} \cdot 10^4 = 5 \cdot 10^1\ \text{m}$
- $0{,}005\ \text{m} \cdot 100.000 = 500\ \text{m}$

  ou

  $5 \cdot 10^{-3}\ \text{m} \cdot 10^5 = 5 \cdot 10^2\ \text{m}$

A eletrosfera, no modelo proposto, teria diâmetro de 50 m a até 500 m!

Isso evidencia que, para **manter a escala** do modelo (como solicita a atividade), a escolha da miçanga para representar o núcleo atômico em um trabalho escolar **não** é adequada, pois inviabiliza a representação da eletrosfera em escala (ela teria de ser representada com diâmetro de 50 m a 500 m!

A meta da atividade é conduzir os estudantes a concluir que as representações de modelos atômicos em ilustrações é feita fora de escala. Os modelos apresentados imageticamente em livros e na internet estão normalmente fora de proporção, pois é virtualmente impossível representar núcleo e eletrosfera na mesma escala, em uma folha de livro ou tela, de tal forma que o núcleo esteja bem visível. Se o diâmetro da eletrosfera for 20 cm (para caber numa folha de tamanho A4), o do núcleo será, no máximo, 0,02 mm, isto é, dez mil vezes menor! Esse diâmetro é cerca de dez vezes menor que o ponto final desta frase.

Uma comparação interessante que pode ser apresentada aos estudantes é a seguinte: imagine um grão de milho (de comprimento 1 cm) no qual haja uma bactéria (de diâmetro 1 μm = 10^{-6} m). Se imaginarmos que o grão de milho fosse ampliado até ficar com comprimento igual ao da lateral de um quarteirão de 100 m, a bactéria ficaria do tamanho original do grão. Se a ampliação continuasse até a bactéria atingir o tamanho do quarteirão, agora um átomo estaria com dimensão da ordem do tamanho original do grão. E se, finalmente, a ampliação prosseguisse até o átomo ficar do tamanho de mesma ordem do quarteirão, então o núcleo teria alcançado, aproximadamente, o tamanho original do grão de milho.

Essa comparação se fundamenta no fato de as dimensões lineares das entidades citadas diminuírem progressivamente por um fator de aproximadamente dez mil (10^4): quarteirão (100 m), grão de milho (10^{-2} m), bactéria (10^{-6} m), eletrosfera (cerca de 10^{-10} m) e núcleo atômico (10^{-14} m a 10^{-15} m).

2. Elemento químico e número atômico

Aqui, apresentam-se os conceitos de número atômico e de número de massa.

Sobre o primeiro (*Z*), a ênfase está no fato de ele caracterizar o elemento químico. As alterações que ocorrem nas reações químicas envolvem apenas recombinações de átomos, ou seja, modificações das ligações químicas entre eles. Um átomo não deixa de ser de determinado elemento durante uma transformação química. A percepção disso está alinhada ao desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** da BNCC, comentada no final desse item.

Sobre o número de massa (*A*), é um dado que fornece o total de partículas nucleares e, analisado com o número atômico, possibilita determinar o número de nêutrons.

Cabe aqui ressaltar ao docente que **número de massa** e **massa atômica** são conceitos distintos, embora relacionados. O número de massa é adimensional e necessariamente inteiro (pois é a soma de dois números inteiros, o de prótons e o de nêutrons). Já massa atômica é a massa do átomo, que pode ser determinada com um equipamento chamado espectrômetro de massa. Ela é dimensional (expressa na unidade de massa atômica unificada, simbolizada por **u**) e, à exceção de um único caso (o isótopo carbono-12 que, por definição, tem a massa exata de 12 u), não apresenta valor inteiro.

Por exemplo, os três isótopos naturais do neônio (Z = 10), Ne-20, Ne-21, Ne-22, têm, respectivamente, massas atômicas 19,992440 u, 20,993847 u e 21,991385 u. Aproximadas para inteiros, ficam 20 u, 21 u e 22 u e coincidem, portanto, com o respectivo número de massa.

A massa atômica do neônio apresentada na tabela periódica (20,2 u) é uma média das massas de seus isótopos, ponderada por suas abundâncias naturais, respectivamente 90,48%, 0,27% e 9,25%.

Um ponto que requer atenção do educador e intervenção para que seja bem entendido é a interpretação de *Z* e *A* em átomos eletricamente neutros e em íons, para contabilizar prótons, nêutrons e elétrons.

Aproveite a discussão deste Item 2 para mostrar aos estudantes o seguinte: como a massa dos elétrons é muito pequena comparada à do núcleo, e como a massa do nêutron é aproximadamente igual à do próton, se ambas forem consideradas iguais a **1** (em uma escala arbitrária de massa), o número de massa dará uma **noção da massa relativa** de um átomo, ou seja, em relação à de outros átomos. Daí a denominação número de massa.

EM MODERNA

Dialogando com o texto

O objetivo dessa atividade é desenvolver a habilidade de consulta à tabela periódica e utilização de dados nela obtidos. Como o conceito de isótopos será apresentado no Item 4, e como a tabela periódica não informa números de massa de isótopos (mas sim a massa atômica do elemento), a atividade se preocupa **apenas** em trabalhar com número de elétrons e de prótons. O cálculo do número de nêutrons de isótopos específicos é deixado para o *Aplicando conhecimentos*, após o Item 4.

Para os átomos eletricamente neutros da atividade, a expectativa é de que os estudantes cheguem a:

Na: 11 prótons e 11 elétrons;

K: 19 prótons e 19 elétrons;

Ca: 20 prótons e 20 elétrons;

Mg: 12 prótons e 12 elétrons;

Cl: 17 prótons e 17 elétrons.

A transformação em íons não envolve alterações no núcleo (ou seja, não é um fenômeno nuclear), apenas na eletrosfera. Para os íons mencionados:

Na^+: 11 prótons e 10 elétrons;

K^+: 19 prótons e 18 elétrons;

Ca^{2+}: 20 prótons e 18 elétrons;

Mg^{2+}: 12 prótons e 10 elétrons;

Cl^-: 17 prótons e 18 elétrons.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

O trabalho dos estudantes com modelos atômicos, neste capítulo, propicia o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** no tocante a analisar e representar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria e de energia para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas. Referimo-nos à capacidade de contabilizar prótons, nêutrons e elétrons em átomos neutros e íons, à desenvoltura na consulta à tabela periódica, à caracterização de elementos químicos e seus isótopos, à compreensão da presença de átomos e de íons em materiais e às previsões acerca de absorção ou emissão de luz em transições eletrônicas, tanto em situações laboratoriais quanto cotidianas.

3. A tabela periódica

O item apresenta a estrutura geral da tabela periódica. Esta, a nosso ver, deve ser considerada **instrumento de consulta**, a qualquer tempo, inclusive em avaliações.

A tabela periódica apresentada no livro é a disponibilizada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Considerando que a entidade não utiliza cores em sua tabela periódica e que todo e qualquer esquema classificatório esbarra em dificuldades e na possibilidade de questionamentos frente à imensa gama de propriedades dos elementos, optou-se, na obra, por utilizar o esquema de cores da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), com o qual muitos docentes estão familiarizados no Brasil.

Atividade em grupo

Temos, aqui, uma situação de trabalho coletivo para que os estudantes se interessem pelas Ciências da Natureza e suas aplicações e estejam atentos à eventual periculosidade de determinadas substâncias. Dentro da concepção de que é preciso possibilitar aos estudantes "compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas" (BNCC, 2018, p. 467), a atividade favorece a utilização de diversos conceitos estudados até aqui e o desenvolvimento de algumas habilidades relevantes.

Saliente aos estudantes que, entre os muitos aspectos que podem ser explorados por eles nesta atividade, está também investigar como é feita a exploração do elemento a partir de recursos naturais para utilização pelo sistema produtivo. Como parte dessa análise, sugira que eles verifiquem se a obtenção tem implicações socioambientais e se a fonte de extração relaciona-se a recursos não renováveis dos quais a humanidade é dependente. Como exemplos de situações importantes que podem ser levantadas pelos estudantes estão os impactos ambientais decorrentes da exploração de minérios e a possibilidade de esgotamento desses recursos, bem como a toxicidade de metais pesados que, uma vez extraídos e utilizados pelo ser humano, podem ser dispersos no ambiente e causar a intoxicação de diversas formas de vida. Também proponha que, no caso de elementos associados a problemas socioambientais e a recursos não renováveis, os estudantes sugiram as possíveis alternativas à utilização do elemento químico, apresentando os argumentos em que se baseiam essas propostas.

Outras situações relevantes que podem ser exploradas na atividade são as implicações políticas e econômicas da exploração de certos elementos, como a importância econômica dos metais preciosos (por exemplo, ouro, prata, platina, ródio, paládio), a utilização estratégica de elementos empregados em pesquisas científico-tecnológicas de ponta (como as terras raras, nome coletivo de um grupo de 17 elementos: o ítrio, o escândio e os lantanídios) e o emprego estratégico de certos elementos (por exemplo, urânio em usinas nucleares).

Além de desenvolver competências e atitudes necessárias para expressar-se em público, a atividade pode despertar o interesse dos estudantes sobre outros assuntos correlatos, que, a seu critério, poderão ser usados como mote introdutório em outros momentos.

A socialização dos resultados em classe e a elaboração e a postagem de cartazes digitais é relevante para que todos possam tomar contato com a riqueza de informações e curiosidades que surgem nesse tipo de atividade, bem como para favorecer o domínio das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

MODERNA

De olho na BNCC

- **EM13CNT104**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT309**

A *Atividade em grupo*, comentada anteriormente, possibilita o trabalho com diversas habilidades: **EM13CNT104**, pois envolve 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; **EM13CNT302**, já que os estudantes vão comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises e pesquisas, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias e TDIC, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental; **EM13CNT306**, pois requer avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas (no caso de elementos potencialmente perigosos), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar 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; **EM13CNT309**, posto que será necessário analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais.

4. Isótopos

Todos os elementos transurânicos, isto é, com números atômicos superiores ao do urânio ($Z = 92$), não são encontrados naturalmente no planeta, mas foram sintetizados pelo ser humano por processos nucleares. São, por isso, considerados **elementos artificiais**. Diversos isótopos artificiais desses elementos já foram sintetizados e estudados.

Dos elementos cisurânicos ($Z < 92$), quatro foram descobertos mediante produção artificial: tecnécio ($_{43}$Tc), promécio ($_{61}$Pm), frâncio ($_{87}$Fr) e astato ($_{85}$At). Suas sínteses foram reportadas, respectivamente, em 1937, 1947, 1939 e 1940. Posteriormente, foram encontradas quantidades vestigiais de alguns deles na natureza. Estima-se, por exemplo, que a quantidade de frâncio em toda a crosta terrestre não ultrapasse 30 g.

Dos elementos químicos que têm **ocorrência natural**, vinte são encontrados como um único isótopo: Be, F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, Y, Nb, Rh, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Tm, Au e Bi. (Veja a atividade 4 do *Aplicando conhecimentos* e sua resposta.) Os demais apresentam dois ou mais isótopos naturais. Daí, a assertiva inicial do Item 4, que afirma que a maioria dos elementos encontrados na natureza ocorre como dois ou mais isótopos.

O ponto central desse item é a percepção de que **isótopos** pertencem a um **mesmo elemento químico** e, por isso, são designados por mesmo nome e mesmo símbolo.

A seu critério, você pode mencionar que o único caso de isótopos que têm símbolos e nomes alternativos é o do elemento hidrogênio:

- $^{1}_{1}$H, prótio ou hidrogênio leve;
- $^{2}_{1}$H ou $^{2}_{1}$D, deutério ou hidrogênio pesado;
- $^{3}_{1}$H ou $^{3}_{1}$T, trítio ou tritério.

Saliente aos estudantes que o hidrogênio leve (cuja abundância isotópica é 99,99%) é o único átomo que não apresenta nêutrons.

Fechando o item, antes das atividades do *Aplicando conhecimentos*, você pode propor aos estudantes que elaborem um pequeno texto sobre o seguinte: O modelo atômico de Dalton afirma que todos os átomos são indivisíveis, e que átomos de um mesmo elemento têm a mesma massa. **Proponha** duas críticas a esse modelo, embasando-as em **argumentos** científicos.

Espera-se que os estudantes comentem, no texto, que os átomos são constituídos de partículas subatômicas (elétrons, prótons e nêutrons) e, por isso, não são indivisíveis. Além disso, a existência de isótopos evidencia que os átomos de um mesmo elemento não são necessariamente idênticos. No caso, diferem no número de nêutrons e, consequentemente, na massa.

Aplicando conhecimentos

1 Consultando a tabela periódica, obtemos o número atômico do argônio, $Z = 18$. Então, o átomo neutro tem 18 prótons, 18 elétrons e 22 nêutrons (isto é, $40 - 18$).

2 O íon $_{9}F^{-}$ tem 10 elétrons e o íon $_{20}Ca^{2+}$ tem 18. Assim, concluímos que o $_{20}Ca^{2+}$ tem mais elétrons. Incentive os estudantes para que tenham a iniciativa de consultar a tabela periódica sempre que necessário.

3 $^{56}_{26}Fe^{3+}$ tem 26 prótons, 30 nêutrons e 23 elétrons.

$^{16}_{8}O^{2-}$ tem 8 prótons, 8 nêutrons e 10 elétrons.

4 São $^{9}_{4}$Be, $^{19}_{9}$F, $^{23}_{11}$Na, $^{27}_{13}$Al, $^{31}_{15}$P, $^{45}_{21}$Sc, $^{55}_{25}$Mn, $^{59}_{27}$Co, $^{75}_{33}$As, $^{89}_{39}$Y, $^{93}_{41}$Nb, $^{103}_{45}$Rh, $^{127}_{53}$I, $^{133}_{55}$Cs, $^{141}_{59}$Pr, $^{159}_{65}$Tb, $^{165}_{67}$Ho, $^{169}_{69}$Tm, $^{197}_{79}$Au e $^{209}_{83}$Bi.

Caso os estudantes não tenham conseguido uma fonte confiável na qual encontrar a informação solicitada, sugira que consultem as páginas 127 a 132 da referência a seguir, buscando pelo valor 100 na coluna composição isotópica: COHEN, E. R. *et al. Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química*. 1. ed. São Paulo: SBQ, 2018. A publicação é a tradução para o português do chamado Livro Verde da IUPAC, que estabelece normatizações da área de Físico-química e lista dados relevantes para os pesquisadores dessa área. A publicação é disponibilizada gratuitamente pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ) em: <http://www.sbq.org.br/livroverde/anexos/LivroVerde_IUPAC_SBQ-SPQ_2018.pdf>. Acesso em: maio 2020. Caso esse endereço tenha mudado, busque pelo título do livro. Ao docente, é importante ressaltar que o bismuto, o último da resposta, não aparece nas páginas mencionadas porque nelas estão listados os isótopos naturais não radioativos dos elementos químicos de ocorrência natural, ou seja, até o chumbo (Z = 82). Os elementos químicos

OBRA

do bismuto (Z = 83) ao urânio (Z = 92) têm ocorrência natural em nosso planeta, mas não apresentam isótopos estáveis; todos são radioativos e decaem, por uma ou mais emissões alfa e/ou beta, até que se forme um isótopo estável de chumbo.

5 O único átomo de praseodímio que ocorre naturalmente é $^{141}_{59}Pr$. Os isótopos naturais do neodímio são: $^{142}_{60}Nd$, $^{143}_{60}Nd$, $^{144}_{60}Nd$, $^{145}_{60}Nd$, $^{146}_{60}Nd$, $^{148}_{60}Nd$, e $^{150}_{60}Nd$.
Não há, entre eles, átomos com mesmo número de massa. Os que têm mesmo número de nêutrons (82) são: $^{141}_{59}Pr$ e $^{142}_{60}Nd$. Caso os estudantes não encontrem uma fonte para obter as informações solicitadas, indique a mesma referência mencionada na resposta da atividade anterior.

6 Representando os isótopos do hidrogênio por A, B, e C e os de oxigênio por X, Y e W, temos as possíveis moléculas de água:

- AXA, AXB, AXC, BXB, BXC, CXC;
- AYA, AYB, AYC, BYB, BYC, CYC;
- AWA, AWB, AWC, BWB, BWC, CWC.

São, portanto, 18 possibilidades. (Note que não contabilizamos BXA porque é a mesma molécula que AXB, apenas escrita de outra maneira. Analogamente, não se contabilizam outros casos similares que seriam repetições.)

7 As abundâncias dos isótopos do hidrogênio são: H-1, 99,99%, H-2, 0,01%, e H-3, traços (isto é, abundância vestigial, extremamente pequena). E a dos isótopos de oxigênio são: O-16, 99,757%, O-17, 0,038%, e O-18, 0,205%. Esses dados são facilmente encontrados na internet. Contudo, caso os estudantes tenham dificuldade para obtê-los, indique a mesma referência mencionada na resposta da atividade 4.
A molécula mais provável é a que contém os isótopos mais abundantes, portanto, a que contém $^{1}_{1}H$ e $^{16}_{8}O$.

5. Modelo atômico de Bohr

A BNCC afirma que "no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia" e cita como exemplo realizar previsões "sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa" (BNCC, 2018, p. 549).

Nesse contexto, investigar situações que podem ser explicadas qualitativamente com a utilização do modelo de Bohr adquire importante dimensão na formação científica dos estudantes. Os modelos anteriores a ele não previam a interação da matéria com as ondas eletromagnéticas, e o modelo de Bohr foi uma tentativa de incluir essas interações. Ele possibilitou explicar qualitativamente fatos como os espectros atômicos, a cor dos letreiros luminosos de neônio (ou de outros gases), a coloração típica dos elementos no teste da chama, a cor dos fogos de artifício e a luminosidade emitida por interruptores fosforescentes, por vaga-lumes e outras formas de bio e quimioluminescência. Investigar explicações de fenômenos é o foco da *Atividade prática* e da *Atividade em grupo* presentes nesse item.

Ao docente, cabe ressaltar que o modelo de Bohr permitiu realizar previsões quantitativas das frequências das linhas espectrais de átomos e íons hidrogenoides (aqueles átomos ou íons com um só elétron, como H, He^{+}, Li^{2+}, Be^{3+} etc.). Embora a literatura universitária introdutória de Química Geral empregue **qualitativamente** o modelo para explicar diversos fenômenos envolvendo átomos multieletrônicos (aqueles com dois ou mais elétrons), as previsões **quantitativas** do modelo, nesses casos, não concordam com os valores experimentais. Explicações abrangentes dos espectros atômicos só se tornaram possíveis com o modelo atômico da Mecânica Quântica.

Atividade prática

Pode ser que os estudantes tenham alguma experiência com objetos fosforescentes que brilham no escuro, como figurinhas, brinquedos, ornamentos para teto e teclas de interruptor. Você pode, inicialmente sondar o que eles conhecem e já observaram ao manusear tais itens. Eles brilham sempre? Ou requerem algum procedimento especial para que brilhem? Registre as opiniões para que sejam resgatadas posteriormente. Por outro lado, esteja atento, pois, dependendo da realidade local, esses objetos podem ser desconhecidos dos estudantes.

Ao realizarem os passos 1 a 3 do procedimento proposto, deverão constatar que o objeto mantido por um dia sem receber luz (e que servirá de controle) não emitirá luminosidade quando observado no escuro, ao contrário daquele exposto à lâmpada acesa, que exibirá luminescência. Em seguida, peça aos estudantes que, em equipes, debatam e proponham uma explicação para os resultados obtidos. Por fim, oriente-os durante um debate com a sala toda. Nessa fase, pode ser que os estudantes aleguem que um dos objetos está "quebrado", com sua funcionalidade prejudicada. Nossa sugestão ao docente é questionar como poderiam verificar tal hipótese. Diante dessa indagação, é de esperar que proponham repetir o experimento trocando os objetos entre si. Isso postergará a nova observação em pelo menos mais 24 horas, para a repetição do procedimento, mas é necessário diante da hipótese levantada.

Outra hipótese que pode surgir é imaginar que esses objetos envolvam alguma reação química em que os reagentes são gradualmente consumidos ou alguma espécie de "carga" (como se fosse uma pilha) que diminui com o tempo. Nesse caso, faça o mesmo tipo de questionamento anterior, o que também deve conduzir à proposta de repetição com troca de papéis entre os objetos.

Em ambos os casos, a repetição deve mostrar que o resultado se repete, ou seja, que a permanência prolongada na escuridão desativa a emissão de luz e a exposição à lâmpada a ativa. Proponha, então, a repetição dos debates em equipes e com a sala toda. Além disso, como cada uma das equipes deve utilizar um par de objetos para o experimento, a concordância dos resultados observados por elas

MANUAL DO PROFESSOR

é também um indício de que as hipóteses anteriormente levantadas não são corretas.

Na nova discussão, espera-se a proposta de que (1) a iluminação provoca excitação de elétrons do objeto a níveis de maior energia, (2) esses elétrons retornam gradualmente ao estado fundamental – não todos de uma vez – ao longo de certo intervalo de tempo, (3) nesse retorno há emissão de luz e (4) quando não houver mais elétrons excitados para retornar, cessará a luminescência. Essa proposta é bastante compatível com os resultados experimentais.

Questione, a seguir, se eles concebem algum outro procedimento que poderia ser usado para confirmar essa hipótese. Podem surgir ideias interessantes, tais como cobrir com papelão bem grosso parte do objeto (desde que este seja relativamente grande) antes de expô-lo à luz e, a seguir, remover essa cobertura no escuro e observar. Nesse caso, apenas a parte que foi exposta à luz exibirá luminosidade.

O relato em *blog*, *podcast* e/ou vídeo (ao final da atividade) é parte relevante da atividade e deve ser valorizado em função do desenvolvimento de habilidades relativas à comunicação por meio de diferentes linguagens e mídias, e ao uso de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT205**
- **EM13CNT302**

A *Atividade prática* possibilita o desenvolvimento de habilidades da BNCC, a saber: **EM13CNT301**, pois envolve elaborar hipóteses e previsões, interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica; **EM13CNT205**, porque os estudantes devem interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais e processos tecnológicos (referimo-nos aqui à tecnologia de objetos fosforescentes), reconhecendo que a situação-problema apresentada está dentro dos limites explicativos das ciências; e **EM13CNT302**, a respeito de comunicação e uso de TDIC, habilidade já comentada neste capítulo, neste Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Considerando, no Ensino Médio, a necessidade de que os estudantes sejam instados a buscar e investigar, em vez de receberem informações prontas, essa atividade propõe situações que são explicáveis usando o modelo atômico de Bohr. "Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente" (BNCC, 2018, p. 551). Além disso, a escola deve possibilitar aos estudantes "apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos" (BNCC, 2018, p. 467).

Nas situações propostas na atividade, há excitação eletrônica (por energia proveniente de reação química, aquecimento em chama ou passagem de corrente elétrica) e, no retorno dos elétrons ao estado fundamental, ocorre emissão de luz. O teste da chama, por exemplo, é um antigo método de detecção de cátions (substituído, há tempos, por métodos espectroscópicos) em que se utiliza um fio de níquel-cromo preso a um cabo de vidro. A ponta do fio, dobrada em argola, é mergulhada em HCl (aq) concentrado e depois impregnada com sal de lítio, cálcio, cobre, bário, sódio etc. Quando essa amostra é levada à chama clara de um bico de Bunsen, ocorre volatilização do cloreto do metal e excitação dos elétrons pela energia recebida da chama. No retorno dos elétrons, há emissão de coloração característica do metal.

Caso deseje fazer o experimento (de **modo demonstrativo**, **por razões de segurança**), considere a variante sugerida no artigo: GRACETTO, A. C.; HIOKA, N.; SANTIN FILHO, O. Combustão, chamas e testes de chama para cátions: proposta de experimento. *Química Nova na Escola*, n. 23, 2006. p. 43-48. O texto é disponibilizado na internet e pode ser encontrado buscando pelo título. **Esteja atento às recomendações de segurança propostas no artigo**.

Outro experimento que recomendamos, também disponibilizado na internet, é proposto em: NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004. p. 39-42. As autoras fornecem procedimento com materiais acessíveis (água tônica, espinafre, casca de ovo marrom e luz negra), que permite observar a fluorescência.

Outra opção é mostrar uma reação química que produz fluorescência. Os bastões luminosos usados em festas e baladas são relativamente fáceis de encontrar em lojas de artigos para festa e podem ser levados à sala de aula para uma demonstração. São tubinhos plásticos que, quando dobrados, passam a emitir brilho colorido, que persiste por vários minutos e pode ser observado se o ambiente for escurecido.

Nesses bastões, uma vez ativados, tem-se um exemplo de quimioluminescência, emissão de luz decorrente de uma reação química. Para conhecimento do docente, vamos comentar como funcionam esses bastões. Uma formulação comum nesses produtos é a seguinte: o tubo plástico contém uma mistura líquida de um éster difenílico cloro-substituído derivado do ácido oxálico (HOOC—COOH) — éster conhecido pela sigla TCPO, do nome em inglês bis(2,4,6-trichlorophenyl) oxalate — e um corante fluorescente apropriado, genericamente denominado fluoróforo (isto é, que produz fluorescência). Dentro do tubo plástico também existe uma ampola fechada de vidro bem fino, contendo solução de peróxido de hidrogênio. Quando o tubo plástico é dobrado, a ampola de vidro se quebra, os reagentes entram em contato e, por conseguinte, a reação se inicia. O éster reage com o peróxido de hidrogênio, produzindo duas substâncias, uma das quais reage imediatamente com o fluoróforo, transferindo energia para ele, o que causa a excitação de alguns de seus elétrons. O retorno desses elétrons ao estado fundamental emite luz, cuja cor depende do fluoróforo utilizado.

Embora bonitos e interessantes, o uso desses bastões em larga escala constitui uma diversão questionável do ponto

EDITORIA

de vista ambiental, pois se trata de uma utilização efêmera e pouco relevante dos plásticos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CNT307**

A *Atividade em grupo* propicia trabalhar as seguintes habilidades: **EM13CNT303**, pois envolve 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; e **EM13CNT307**, já que possibilita, em função das investigações realizadas pelas equipes, analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (no caso, em letreiros luminosos, *lasers* e fogos de artifício).

6. Distribuição eletrônica nas camadas

O tema aqui é a distribuição eletrônica em camadas. No item, ativemo-nos aos elementos representativos (grupos 1, 2 e 13 a 18). Para um estudante, mais importante que conhecer essas distribuições é ser capaz de acessá-las quando necessário e analisá-las.

Dialogando com o texto

A análise do Item 6 é estimulada nesta seção, na qual a expectativa é que os estudantes percebam a correlação do **número de camadas eletrônicas** com o **período** do elemento químico, e do **número de elétrons na camada de valência** com o **grupo** em que ele se encontra: grupo 1 (1 elétron de valência), grupo 2 (2 elétrons de valência), grupo 13 (3 elétrons de valência), e assim por diante, até o grupo 18 (8 elétrons de valência, exceto o hélio, que tem 2). Essa última correlação será útil para compreender ligações químicas (Capítulo 9). Promova uma discussão em sala sobre as conclusões dos estudantes e certifique-se de que todos chegaram às correlações mencionadas.

7. Modelo atômico mecânico-quântico

Nesse último item do capítulo, comenta-se que, para átomos multieletrônicos (2 ou mais elétrons), o modelo de Bohr não fornece previsões quantitativas concordantes com resultados experimentais. O estabelecimento da Mecânica Quântica possibilitou um novo modelo atômico no qual manteve-se a noção de **quantização da energia** (já presente no modelo e Bohr), mas não a de trajetória dos elétrons, substituída pela ideia de que a **probabilidade** de encontrá-los é maior em certas regiões e menor em outras.

Depois de trabalhar o item, promova um debate em sala a fim de que os estudantes rememorem, para cada um dos modelos estudados, as razões que influenciaram sua criação e, no caso dos que antecederam a Mecânica Quântica, também as que motivaram seu aprimoramento ou substituição. Mais uma vez, tem-se a oportunidade de caracterizar as Ciências Naturais como atividade humana em permanente construção, e os conceitos científicos como ideias provisórias, permanentemente sujeitas a crítica e reelaboração.

Atividade em grupo

Com o advento das redes sociais, tem-se tornado frequente a oferta de serviços de aconselhamento e terapia por pessoas sem formação para tal, podendo acarretar prejuízos financeiros, físicos e até psicológicos a quem os contrata. Muitas vezes, os discursos apresentados contêm terminologias científicas empregadas de modo incorreto ou fora do contexto de validade. Apesar disso, os apelos às vezes são convincentes e sedutores para quem não tem conhecimento científico.

Uma meta da atividade é despertar nos estudantes o espírito crítico, a fim de que adquiram discernimento quanto a ofertas enganosas e potencialmente perigosas e, consequentemente, imunidade a elas. Outra meta é a da elaboração de alertas à comunidade, para auxiliar outros a desenvolverem o mesmo espírito crítico. É oportuno lembrar que, segundo a BNCC, é dever da escola "estimular atitudes cooperativas e propositivas para o enfrentamento dos desafios da comunidade, do mundo do trabalho e da sociedade em geral, alicerçadas no conhecimento e na inovação" (BNCC, 2018, p. 465).

Esteja atento ao fato de que não se trata de proibir ou cercear o direito à liberdade de expressão, um princípio estruturante do conceito de democracia, garantido no país pela Constituição Federal, em seu Artigo 5º, incisos IV e IX. A atividade direciona-se ao desenvolvimento de aspectos de educação midiática, visando à percepção de que existem ofertas de serviços flagrantemente enganosas, que usam ideias científicas fora de seu contexto de validade, e de que todo cidadão deve desenvolver discernimento acerca de ofertas desse tipo, a fim de não ser lesado.

De olho na BNCC

- **EM13CNT305**
- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **EM13LP45**

A atividade anteriormente comentada está relacionada ao desenvolvimento das habilidades: **EM13CNT305**, no que tange a investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza; **EM13CNT207**, quanto a identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar; **EM13CNT302**, já comentada neste capítulo, sobre comunicação para públicos variados, por meio tecnologias digitais de informação e comunicação; e **EM13LP45**, pois faz com que os estudantes analisem, discutam, produzam e socializem, tendo em vista temas e acontecimentos de interesse local ou global, abordados por meio da apresentação e apreciação de produções culturais.

MODERNA

CAPÍTULO 5 Níveis de organização da vida e classificação biológica

Metas do capítulo

- Reconhecer os desafios da definição de vida e conhecer as principais características dos seres vivos.
- Conhecer e compreender os critérios científicos que definem os diferentes níveis hierárquicos de organização da vida.
- Conhecer a hierarquia das principais categorias taxonômicas tradicionais: espécie, gênero, família, ordem, classe, filo e reino.
- Compreender a importância da nomenclatura binomial de Lineu para a Biologia.
- Compreender os princípios da elaboração de árvores filogenéticas e cladogramas, reconhecendo-os como maneiras de representar as relações de parentesco evolutivo entre grupos de seres vivos.
- Reconhecer os seis grandes grupos de seres vivos tratados no capítulo – Archaea, Bacteria, Protoctista, Fungi, Plantae e Animalia – e compreender por que os vírus não são incluídos em nenhum desses reinos.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo trata das dificuldades de formular uma definição científica definitiva de vida. Pode-se comentar com os estudantes que um conceito é construído, em Ciência, quando fatos e fenômenos podem ser reunidos e integrados de modo que façam sentido; a variedade dos seres vivos e de seus processos vitais não permitiu até agora uma definição de vida que consiga abranger todos os aspectos do fenômeno vida de maneira satisfatória. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. A sugestão é iniciar o tema perguntando aos estudantes como eles definem vida. Anote as definições apresentadas e compare-as com as mencionadas no texto de abertura.

A diversidade dos seres vivos pode ser inicialmente abordada solicitando que os estudantes indiquem classificações que eles conheçam. Em seguida, peça que eles as comparem com a classificação adotada pela coleção (6 reinos). É importante justificar a escolha da classificação em 6 reinos pelos autores da obra: ela é embasada em muitos estudos e aceita por grande parte da comunidade científica. É importante ressaltar que diferentes classificações refletem os diversos critérios utilizados.

Atividade em grupo

Atividades em grupo possibilitam aos estudantes discutir diferentes pontos de vista sobre uma questão, no caso, sobre as definições de vida apresentadas no texto. Auxilie os estudantes na formação de grupos e oriente-os na atividade de produção dos textos. Para isso, sugira a eles que levantem e registrem ideias importantes sobre o tema e em seguida as relacionem, em um conjunto com articulações lógicas.

A definição de vida proposta é válida tanto para um animal mamífero quanto para uma bactéria? Ela abrange fungos e plantas? Confira se as definições propostas pelos estudantes contemplam os tópicos tratados no Item 1. *Características dos seres vivos* e relacione-as. Nesse caso, procure estabelecer relações entre as definições. Se possível conduza um debate em classe sobre o tema.

De olho na BNCC

- **EM13CNT201**
- **Competência geral 1**

A *Atividade em grupo* permite desenvolver aspectos da habilidade **EM13CNT201**, na medida em que os estudantes analisam modelos científicos, propostos em diferentes épocas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da vida. Contribui também para o desenvolvimento da **competência geral 1**, ao valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos e continuar aprendendo.

1. Características dos seres vivos

Ao iniciar o tema sugerimos questionar os estudantes sobre os seguintes aspectos: Em que diferem um animal e uma planta? Quais são as diferenças e semelhanças entre um sapo e um lagarto? E entre um gato e um cão? E entre estes e uma bactéria? Esses questionamentos podem levar os estudantes a se aproximar do tema estudado a seguir.

Ao tratar da composição química dos seres vivos, certifique-se de que os estudantes dominam conceitos como átomos, ligações químicas e moléculas. É importante fazer uma revisão desses conceitos e destacar que as moléculas orgânicas sempre são constituídas por átomos de carbono, além de átomos de outros elementos químicos. Caso ache pertinente, converse com os estudantes sobre as estruturas de uma proteína, de um glicídio e de um lipídio, de modo que eles reconheçam as diferenças e semelhanças entre essas moléculas.

As imagens da figura 2 podem ser utilizadas para trabalhar noções relacionadas às escalas de ampliação de fotomicrografias. A imagem da bactéria *Vibrio cholerae*, constituída por uma única célula procariótica, está ampliada cerca de 12.000 vezes, enquanto a foto do glóbulo branco, uma das trilhões de células eucarióticas que constituem o corpo humano, está ampliada cerca de 2.500 vezes. Com essas informações, pode-se pedir aos estudantes que desenhem no caderno esquemas simplificados das duas células na mesma escala de ampliação, mantendo o tamanho da célula eucariótica. Outra possibilidade é calcular o tamanho real em micrômetros (μm) de cada uma das células mostradas (tamanho em milímetros dividido pela ampliação), medindo as imagens do livro com uma régua.

EM MODERNA

Descubra quais são os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito de metabolismo. Será que eles compreendem, ainda que parcialmente, esse conceito? Lembre-se de que o conceito de metabolismo não é simples; peça aos seus estudantes que pesquisem o significado do termo grego *metabole* e a origem do termo metabolismo, criado pelo médico alemão Theodor Schwan (1810-1882) em meados do século XIX. Oriente uma discussão sobre como esse termo se relaciona com o que ocorre nas células e nos organismos vivos. Pergunte aos estudantes de onde são obtidos os nutrientes necessários ao metabolismo de uma pessoa, levando-os a concluir que eles provêm dos alimentos que ingerimos. Com base nas informações apresentadas, trabalhe a noção de que os nutrientes orgânicos são as fontes de energia e de matéria-prima para o funcionamento das células e produção de novos componentes celulares. Nossa sugestão é que essa discussão seja bem geral, pois esse assunto será tratado com mais detalhes em outras oportunidades, no decorrer do Ensino Médio.

Explique aos seus estudantes que termos como reação e movimento não estão relacionados somente à locomoção. Comente que as plantas, apesar de não se locomover, são capazes de reagir e de realizar movimentos de acordo com os estímulos do ambiente.

Um conceito importante tratado no capítulo é o de reprodução. Converse com os estudantes sobre as principais diferenças entre reprodução assexuada e reprodução sexuada. Peça a eles que pesquisem exemplos de organismos que se reproduzem por reprodução sexuada, assexuada ou ambas. Enfatize que a mistura de material genético de dois indivíduos na reprodução sexuada promove a variabilidade genética, responsável pela biodiversidade, assuntos que também são abordados sucintamente nesse item do capítulo.

Em relação à variabilidade genética e à biodiversidade, nossa sugestão é que os estudantes sejam orientados a pesquisar temas referentes a esses assuntos. O tema da pesquisa poderia ser: "Por que é importante que a humanidade preserve a biodiversidade?". O resultado das pesquisas poderia ser sintetizado em um texto, que os colegas trocariam entre si para discussão e posterior debate em sala de aula, mediado pelo professor. Nessa atividade os estudantes devem justificar a importância da preservação e da conservação da biodiversidade e avaliar os efeitos da ação humana – antrópica – nesse processo.

Se houver possibilidade, coordene com os estudantes a formação de grupos de trabalho para pesquisar casos emblemáticos e interessantes de adaptações dos seres vivos aos ambientes onde vivem. Entre os muitos exemplos estão os casos de mimetismo, em que o organismo apresenta características que o confundem com o ambiente. Peça a cada grupo que pesquise pelo menos um caso de adaptação em animais e um em plantas em livros, enciclopédias ou *sites* confiáveis na internet. Coordene uma apresentação dos resultados das pesquisas, de preferência acompanhadas de ilustrações, tabelas e/ou infográficos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT201**
- **EM13CNT202**

Os conteúdos e atividades estudados nesse item possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202**, ao apresentar as características dos seres vivos e relacioná-las às condições ambientais e sobrevivência no ambiente em que vivem.

2. Níveis de organização da vida

Oriente os estudantes a formar grupos para enfrentar o seguinte desafio: produzir um infográfico, isto é, um conjunto de ilustrações e legendas, para representar os diversos níveis de organização biológica abordados no texto. Relembre aos estudantes que os desenhos podem ser esquemáticos e que o mais importante é a articulação correta dos níveis de organização.

De olho na BNCC

Os conteúdos desse item possibilitam o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** da BNCC, por solicitar aos estudantes o reconhecimento das características dos seres vivos e dos níveis de organização da vida para a elaboração do infográfico proposto.

3. Noções da classificação dos seres vivos

Ao trabalhar o conteúdo desse item, é importante lembrar a importância dos componentes históricos e sociais na construção do conhecimento científico. Enfatize como os fundamentos da classificação biológica foram alterados ao longo do tempo em função do desenvolvimento da Ciência e da necessidade de se explicar o mundo vivo com base nos novos conhecimentos. Nesse sentido, pode-se comentar que os diferentes tipos de classificação dos seres vivos estão relacionados com o conhecimento científico da época e com as ferramentas analíticas disponíveis naquele momento. O surgimento de novas técnicas leva a novos conhecimentos e a novas teorias científicas, que impactam na classificação dos seres vivos.

O trabalho com a classificação dos seres vivos permite desenvolver a habilidade **EM13CNT202**, por serem apresentados os diferentes níveis de organização da vida.

Aproveite a oportunidade para retomar a reprodução sexuada e a variabilidade genética, estudadas anteriormente no capítulo, relacionando-as com a evolução e diversificação dos seres vivos.

Dialogando com o texto

A atividade traz uma proposta de integração com Filosofia e/ou História. Converse com seus colegas dessas áreas para verificar a possibilidade de eles auxiliarem os estudantes nas pesquisas propostas e eventualmente promover um debate conjunto.

MODERNA

Até os dias atuais o pensamento de Aristóteles influencia diversas áreas do conhecimento. Mais informações podem ser encontradas em: <http://cienciahoje.org.br/coluna/aristoteles-nosso-conteporaneo/>; <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/10/pensamento-de-aristoteles-segue-influente-no-mundo-contemporaneo.html>; <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3035745/mod_resource/content/1/As%20categorias%20de%20Arist%C3%B3teles%20e%20o%20conhecimento%20cient%C3%ADfico.pdf> e <https://www.pucsp.br/pos/cesima/schenberg/alunos/paulosergio/ciencia_explicacao.html>. Acessos em: 11 mar. 2020.

Nossa sugestão é que, ao abordar a classificação dos seres vivos feita por Lineu, seja solicitado aos estudantes que observem qual foi a grande inovação dessa classificação em relação às propostas anteriores. Reforce também que Lineu partiu do princípio de que táxons com características semelhantes deveriam ser reunidos em categorias cada vez mais abrangentes.

Atividade em grupo

A atividade retoma a proposta apresentada na abertura do capítulo, comparando saberes científicos e saberes populares, de senso comum. Enfatize a importância de se valorizar esses dois tipos de conhecimento, mostrando suas diferenças e eventuais complementaridades. Pesquisas sobre compostos medicinais extraídos de plantas tiveram início com o saber popular sobre o uso tradicional dessas plantas no tratamento de enfermidades; esses conhecimentos populares impulsionaram investigações científicas que confirmaram (ou não) sua eficiência.

A atividade possibilita também trabalhar a comunicação científica. Com base no material pesquisado e apresentado pelos estudantes, oriente-os a elaborar panfletos explicativos sobre os diferentes tipos de boldo, como eles podem ser diferenciados e os eventuais riscos de consumir uma espécie tóxica. Esses panfletos, além de serem divulgados na escola, poderiam ser distribuídos à comunidade local.

As respostas às questões apresentadas nos itens **a** e **b** da atividade podem ser:

a) Há diversas plantas chamadas boldo, como o boldo-pequeno, *Plectranthus ornatos*, da família Lamiaceae, o boldo-do-chile, *Peumus boldus*, da família Monimiaceae, e o falso boldo, *Plectranthus barbatus*, da família Lamiaceae, entre outras. Elas podem apresentar efeitos diferentes ou nenhum efeito terapêutico.

b) Resposta pessoal. O grupo controle deve receber um tratamento semelhante, porém com substâncias que, comprovadamente, não tenham efeitos nas pessoas testadas (placebo). É necessário também definir claramente qual problema digestivo seria analisado para determinar os efeitos.

Ao trabalhar as diferenças entre nomes populares e científicos com os estudantes, pode-se destacar que a nomenclatura popular, embora não seja tão precisa quanto a científica, é importante por seu caráter histórico e útil para interpretar conhecimentos tradicionais, que podem levar a descobertas científicas. Vale a pena justificar que, na comunicação cotidiana, utilizam-se nomes populares; a nomenclatura binomial costuma ser utilizada na comunicação científica e em situações que demandam maior precisão.

De olho na BNCC

- **EM13CNT306**
- **EM13CHS103**
- **Competência geral 2**

Ao abordar os potenciais riscos em consumir boldo sem o conhecimento adequado das diferentes espécies, a atividade trabalha a habilidade **EM13CNT306**, relacionada aos riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza. A habilidade **EM13CHS103** também é favorecida, uma vez que os estudantes devem selecionar evidências e compor argumentos com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas, como as tradições orais.

A atividade também trabalha a **competência geral 2**, uma vez que o item **b** pede aos estudantes que adotem os mesmos procedimentos que a Ciência para resolver o problema proposto.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa D. Verifique se os estudantes identificaram que a resposta correta é aquela em que o nome do gênero aparece em letra maiúscula e o da espécie em minúscula, além de ambas serem escritas em itálico.

2 Alternativa A. Para responder a questão, os estudantes devem identificar os diferentes níveis hierárquicos da classificação, em que o táxon classe é hierarquicamente superior a ordem.

A sistemática moderna tem como pressuposto que espécies que hoje compartilham características semelhantes provavelmente as herdaram de um ancestral comum que viveu no passado. Essas características herdadas da ancestralidade em comum são chamadas de homologias evolutivas. A procura por homologias entre os diferentes grupos de organismos é a base para determinar seu grau de parentesco evolutivo, uma vez que é lógico esperarmos que, quanto maior for o número de homologias entre duas espécies, mais próximas evolutivamente elas serão. Entretanto, isso não se aplica à convergência evolutiva, como se denomina o fato de estruturas semelhantes surgirem como resultado da adaptação das espécies não diretamente relacionadas, mas que se adaptam a modos de vida semelhantes. Exemplos são as asas de insetos e pássaros, mencionadas no texto, que são adaptações ao voo.

A abordagem do item sobre árvores filogenéticas pode ser feita com base na figura 14, que mostra relações de parentesco evolutivo e a classificação de alguns animais da ordem Perissodactyla. Nossa sugestão é a reprodução da árvore filogenética por meio da projeção de *slides* ou na lousa, discutindo aspectos como a relação entre a classificação biológica dos animais mostrados e o parentesco evolutivo entre eles.

MANUAL DO PROFESSOR

Ao trabalhar a classificação segundo a cladística, enfatize as diferenças e semelhanças entre cladogramas e árvores filogenéticas. É interessante reproduzir na lousa, junto com os estudantes, alguns cladogramas simples, para que eles fiquem mais familiarizados com o assunto. Nesse momento os estudantes não precisam compreender detalhadamente as relações evolutivas representadas nos cladogramas, e sim o quanto eles são importantes, por representar relações de parentesco entre os seres vivos. Se for o caso, introduza os termos monofilético e parafilético, explicando os seus significados.

A figura 16 permite discutir como a cladística trata a relação evolutiva entre répteis e aves. Segundo essa linha de classificação, as aves e os dinossauros são mais aparentados entre si do que com os outros répteis.

Finalmente pode ser retomada a discussão feita no início do capítulo, sobre as classificações dos grandes grupos de seres vivos. Caso os estudantes tenham citado uma ou mais classificações diferentes da adotada na obra, faça uma explicação breve sobre elas, seus autores e método de classificação. Compare com a classificação em 6 reinos e enfatize que outras classificações não são necessariamente incorretas, mas adotam diferentes critérios de classificação. Com relação aos vírus, nossa sugestão é que os estudantes pesquisem em *sites* confiáveis da internet o tema: "Os vírus são ou não seres vivos?". Se possível, conduza um debate em classe sobre o assunto.

De olho na BNCC

Os conteúdos e atividades trabalhados nesse item possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202** da BNCC, ao abordar diferentes facetas sobre a evolução e organização da vida, assim como as condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento.

CAPÍTULO 6 Introdução ao estudo dos movimentos

Metas do capítulo

- Reconhecer os movimentos ocorridos no cotidiano e compreender que eles podem ser descritos pelos conceitos físicos de variação de espaço ou deslocamento escalar, velocidade e aceleração escalares.
- Descrever os movimentos uniforme e uniformemente variado dos corpos (posição, velocidade e aceleração) com funções matemáticas em relação ao tempo e respectivos gráficos cartesianos.
- Compreender e reconhecer a diferença entre os dois tipos de movimentos básicos baseados na velocidade dos corpos: velocidade constante e velocidade variável.
- Compreender e descrever o movimento de queda livre dos corpos desconsiderando a resistência do ar.
- Calcular parâmetros relacionados com o movimento dos corpos, como distância percorrida, velocidade, aceleração, tempo de percurso, em situações reais.

Sugestões didáticas e comentários

O estudo da Cinemática pode ser um meio adequado para que o estudante compreenda várias características do mundo real. O ideal é que esse processo se dê por meio de observações macroscópicas e com menor necessidade da abstração, visto que essa abstração deve ocorrer de forma progressiva ao longo do processo de aprendizagem.

Pode-se iniciar a discussão sobre movimentos, solicitando aos estudantes que exemplifiquem situações de movimento de corpos encontradas no cotidiano, incentivando-os a pensar se os astros (planetas e estrelas) poderiam ter o movimento descrito com as mesmas leis e teorias que os corpos terrestres.

A abertura do capítulo trata dessa visão contemporânea do movimento ao abordar situações cotidianas de tráfego em estradas, ruas e avenidas em que pessoas podem atravessar fora da faixa de pedestres, crianças podem invadir a via, ou, no caso de uma estrada, em que animais podem cruzar a pista repentinamente.

O texto chama a atenção para o **tempo** de reação do motorista quando imprevistos acontecem. Outro fator importante destacado e que deve ser levado em consideração na prevenção de acidentes de trânsito é o limite de **velocidade** e a **distância** percorrida pelo veículo quando os freios são acionados até que ele pare completamente, ou seja, o tempo que decorre entre a percepção do imprevisto e a parada total do veículo ou não.

Os conceitos apresentados no texto de abertura, tempo de deslocamento, velocidade e distância percorrida, podem parecer comuns no cotidiano dos estudantes, mas é importante fazer uma verificação dos seus conhecimentos prévios, questionando sua compreensão e como os definiriam.

Inicie uma investigação qualitativa sobre o conhecimento dos estudantes abordando como equacionar e solucionar as situações apresentadas no texto de abertura. Proponha ao menos um dos problemas de cálculo de distância após o acionamento dos freios do veículo citado no texto e solicite aos estudantes propostas de resolução, mesmo que eles ainda não saibam as fórmulas. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

MODERNA

De olho na BNCC

- **Competência geral 4**
- **EM13MAT103**
- **EM13MAT302**
- **EM13MAT314**
- **EM13MAT510**

Ao longo deste capítulo há diversas atividades que abordam a **competência geral 4** por meio de análise de dados em tabelas, propondo ao estudante busca de informações e textos científicos sobre diversos assuntos com a finalidade de produção de textos, apresentações e compartilhamento de descobertas com os demais colegas de classe. As habilidades **EM13MAT103**, **EM13MAT302**, **EM13MAT314** e **EM13MAT510** são trabalhadas ao longo deste capítulo ao trabalhar a conversão de unidades, utilizar equações lineares e polinomiais para a construção de modelos explicativos de situações que envolvem as Ciências da Natureza, ao trabalhar grandezas que são determinadas pela razão ou produto de uma com as outras e ao propor a investigação de um conjunto de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas, levando em conta a utilização de uma reta para descrever a relação observada.

1. Espaço, referencial, velocidade e aceleração

Os conceitos relacionados ao movimento de corpos, como posição, trajetória, duração do movimento, velocidade e aceleração, podem ser abordados com exemplos de situações do cotidiano.

Antes de equacionar matematicamente essas grandezas, é importante trabalhar com os estudantes a evolução dos conceitos, mostrando que o estudo de movimentos teve início há muito tempo, com os gregos antigos, e que esses conceitos e teorias sofreram mudanças ao longo da história, atendendo à habilidade **EM13CNT201**.

O conceito de referencial deve ser trabalhado nesse momento para que, aos poucos, o senso comum seja reconhecido pelo estudante e trocado pelos conceitos científicos. Assim, pode-se indicar aos estudantes que a forma da trajetória depende do referencial adotado, assim como os conceitos de repouso e movimento usados no exemplo do passageiro dentro do ônibus em movimento citado no capítulo.

Uma vez compreendido o conceito de posição, pode-se apresentar a definição da velocidade escalar média, trabalhando também as unidades envolvidas e a mudança de unidades entre diversos sistemas.

Incentive os estudantes a tomarem medidas sistemáticas de movimentos que ocorrem no cotidiano, elaborando modelos e interpretando-os, conforme sugere a habilidade **EM13CNT205**.

De olho na BNCC

- **EM13CNT201**
- **EM13CNT205**

Essa seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT201**, pois permite a análise e discussão de modelos, teoria e leis propostas em diferentes épocas e culturas; e **EM13CNT205**, já que o estudante terá que interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais que envolvem fenômenos naturais.

Sugestão de atividade complementar

Com a expansão das ferrovias para o oeste dos Estados Unidos, no século XIX, a comunicação e a circulação de produtos tornaram-se mais ágeis em todo o país, com trens que se deslocavam a uma velocidade aproximada de 50 km/h, considerada alta à época. Hoje, com a evolução dos meios de transporte, podemos cruzar o mundo em algumas horas, em aviões comerciais com velocidades médias de aproximadamente 800 km/h.

Reúna os estudantes em grupos de 3 ou 4 integrantes, ou a seu critério, e solicite que discutam as vantagens e desvantagens desse "encurtamento" de distâncias. "Quais são os aspectos positivos desse processo para a sociedade como um todo? E os aspectos negativos? Quais são as consequências do encurtamento de distâncias para a economia, o comércio e a tecnologia?".

Solicite aos estudantes que escolham dois centros comerciais importantes, como o porto de Santos e um país que exporte seus produtos para o Brasil ou importe produtos do país, transportando-os pelo mar, e peça que calculem a distância entre eles e a velocidade desenvolvida pelas embarcações de carga para percorrer essa distância. Diversifique essa abordagem solicitando que usem mapas em papel, aplicativos para celulares e *sites* para obter esse tipo de informação.

Utilizando as velocidades pesquisadas, peça aos estudantes que calculem o tempo de travessia considerando a velocidade de uma das embarcações de carga, comparando-a, por exemplo, com um avião cargueiro, trabalhando, assim, a habilidade **EM13CNT101**.

Com o auxílio do professor de História, solicite aos estudantes que façam uma revisão sobre a Revolução Industrial e seus efeitos na sociedade.

Em seguida, peça a cada grupo que pesquise um dos temas a seguir:

- comércio e suas consequências em um mundo globalizado;
- disseminação da informação no mundo globalizado;
- perigo das pandemias que rapidamente podem se alastrar pelo mundo.

Após a pesquisa, promova um debate entre os grupos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**

Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, pois permite a análise e a representação do movimento a fim de realizar previsões sobre o comportamento de móveis em situações cotidianas e em processos produtivos.

Atividade em grupo

Antes do início desta *Atividade em grupo*, é interessante discutir com a turma a necessidade do uso de semáforos nas cidades. Sempre que possível, deve-se estabelecer relações entre os produtos fornecidos pela tecnologia e as mudanças na vida cotidiana decorrentes deles, bem como mostrar que a tecnologia atende às necessidades sociais.

Comentário da questão: A falta de sincronismo dos semáforos de uma via pode ocasionar muitas situações indesejáveis.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Essa é uma questão aberta e permite ao professor levantar uma discussão a respeito do problema.

A seguir, vamos citar algumas situações decorrentes da falta de sincronismo dos semáforos:

- maior probabilidade de ocorrência de colisão traseira;
- fechamento de cruzamentos;
- desrespeito ao sinal vermelho;
- falta de fluidez no trânsito;
- aumento no tempo de percurso.

O professor encontra detalhes sobre a sincronização dos semáforos e as condições para que seja adotada no artigo do engenheiro Luiz Ernesto de Azeredo, disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/seis_fatores.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT306**

Essa seção trabalha o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**, pois possibilita ao estudante a avaliação de riscos envolvendo atividades cotidianas, por meio de conhecimentos das Ciências da Natureza, a fim de avaliar o funcionamento de equipamentos de segurança que visam a integridade física, individual e coletiva.

Aplicando conhecimentos

1 Em relação ao passageiro, a bolinha descreve uma trajetória vertical. Mas para um observador fora do trem, além de a bolinha subir e descer, ela também se desloca para a frente com velocidade igual à do trem. Assim, em relação ao observador fora do trem, a bolinha descreve uma trajetória curva que é um arco de parábola.

2 Este exercício mostra que a velocidade escalar média não é a média aritmética das velocidades (um erro bastante comum). Consideremos que o percurso em cada metade da viagem seja igual a D. Então, o tempo gasto em cada metade da viagem é dado por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 50 = \frac{D}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{D}{50} \text{ (1ª metade) e}$$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 75 = \frac{D}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{D}{75} \text{ (2ª metade)}$$

E, para a viagem toda:

$$v_m = \frac{D + D}{\frac{D}{50} + \frac{D}{75}} \Rightarrow v_m = \frac{2 \cdot D}{\frac{3 \cdot D + 2 \cdot D}{150}} \Rightarrow v_m = 2 \cdot D \cdot \frac{150}{5 \cdot D}$$

$\therefore v_m = 60$ km/h

Aceleração

Para dar início ao tema da aceleração, pode-se abordar o conceito de aceleração escalar média e depois pedir aos estudantes que citem situações cotidianas nas quais eles tenham se submetido à aceleração. As situações mais comumente apresentadas referem-se a pessoas dentro de veículos (ônibus, carros, trens, metrôs), durante freadas ou arrancadas, a brinquedos de parques de diversão, principalmente montanhas-russas, e a aviões, durante decolagens e aterrissagens.

É importante certificar-se de que o estudante sabe interpretar corretamente a grandeza aceleração escalar média: certa variação de velocidade em determinado intervalo de tempo. Assim, por exemplo, uma aceleração escalar média de 5 m/s² corresponde a uma variação de velocidade de 5 m/s a cada 1 s, em média.

O conceito de aceleração geralmente é confundido com o de velocidade. Então, pode-se trabalhar a noção intuitiva de acelerar um veículo para ter sua velocidade aumentada com o passar do tempo ou frear um veículo para ter a velocidade reduzida com o passar do tempo. Em seguida, pode-se abordar o conceito de aceleração escalar média como taxa de variação da velocidade, introduzindo a noção quantitativa e as unidades. No SI a unidade de aceleração escalar média é m/s². De fato, a unidade de aceleração escalar média é o quociente entre a unidade de velocidade escalar (m/s) e a unidade de tempo (s): (m/s)/s = m/s².

Aplicando conhecimentos

Enfatize a necessidade de que todos os valores estejam no mesmo sistema de unidades.

3 Esse exercício é bastante simples e explora o conceito de aceleração escalar média.

A bola, inicialmente a 54 km/h (15 m/s), é imobilizada pelo goleiro em 0,5 s. Portanto, a bola, em 0,5 s, passa por uma variação de velocidade, em módulo, de 15 m/s. Isso lhe confere uma aceleração escalar média, em módulo, de 30 m/s².

4 A variação de velocidade do carro entre o instante de partida ($t = 0$) e o instante $t = 4$ s é $\Delta v_C = 30$ km/h $- 0 \Rightarrow \Delta v_C = 30$ km/h. Para a moto, a variação de velocidade, no mesmo intervalo de tempo, é $\Delta v_M = 45$ km/h. Pela definição de aceleração escalar média, temos:

$$\text{Moto: } \alpha_M = \frac{\Delta v_M}{\Delta t} \text{ (1) e carro: } \alpha_c = \frac{\Delta v_C}{\Delta t} \text{ (2)}$$

De (1) e (2), lembrando que o intervalo de tempo é o mesmo, vem:

$$\frac{\alpha_M}{\alpha_C} = \frac{\Delta v_M}{\Delta v_C} = \frac{45}{30} = 1{,}5 \Rightarrow \alpha_M = 1{,}5 \cdot \alpha_C$$

A aceleração escalar da moto é 1,5 vez maior que a do carro.

Estudo do MU e do MUV

O objetivo do estudo é o correto entendimento das características do movimento e não a simples memorização de "fórmulas". A Matemática utilizada no estudo da Cinemática deve ser vista como uma ferramenta. Ao iniciar o estudo do movimento uniforme, deve-se incentivar os estudantes a perceber situações em que esse tipo de movimento esteja presente: esteiras transportadoras usadas nas indústrias, escadas rolantes, propagação da luz, propagação do som, movimento de um ponto da linha do equador pela rotação da Terra etc.

Já no estudo do movimento uniformemente variado, convém tornar mais dinâmicas as explanações sobre o tema para que os estudantes não se limitem a memorizar fórmulas.

MODELO NA

A memória é uma capacidade fundamental na construção do conhecimento, mas não constitui o centro de um trabalho pedagógico. Toda ação pedagógica deve envolver interesse e esforço por parte do estudante com o objetivo de compreensão. Como afirma o filósofo britânico Alfred Whitehead, "a educação é útil porque a compreensão é útil". O método de memorizar e repetir está na base de uma educação essencialmente tradicional.

Ainda utilizando exemplos cotidianos, reforce as características que diferenciam os movimentos com velocidade escalar constante (movimento uniforme) dos movimentos com velocidade variada (movimento variado). Com isso, ressalte que não existe um movimento cuja velocidade escalar seja completamente constante, mas, sim, que podemos considerar apenas um trecho do movimento de um corpo no qual sua velocidade não mude. Este tipo de exercício auxilia no desenvolvimento do raciocínio abstrato por parte do estudante.

Uma vez que os conceitos tenham sido estabelecidos e reforçados com exemplos cotidianos, pode-se passar para a relação deles com a Matemática, descrevendo como as funções horárias servem de preditoras dos parâmetros de movimento de um corpo (posição, velocidade e aceleração), de acordo com a habilidade **EM13CNT204**. Evite que essas funções sejam relacionadas com fórmulas que os estudantes talvez conheçam graças a mnemônicos e músicas.

É importante também trabalhar a representação gráfica das funções horárias no plano cartesiano, ressaltando a previsão de um instante futuro que essas funções permitem fazer sobre a posição, velocidade e aceleração dos corpos em movimento. Utilize *softwares* e aplicativos para celulares para confecção de gráficos, possibilitando, assim, o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**. Ao desenvolver esse tema, pode-se trabalhar com a representação gráfica desses movimentos e fazer a ligação com os gráficos vistos em Matemática:

a) movimentos uniformes com função horária dos espaços do 1º grau;

b) movimentos uniformemente variados com função horária dos espaços do 2º grau.

Deve-se ressaltar a importância dos diagramas horários ao resolver problemas pelos dois processos: usando as funções horárias e as propriedades dos diagramas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT101**
- **EM13CNT204**
- **EM13MAT401**
- **EM13MAT501**

Essa seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT101**, pois permite ao estudante analisar e representar o movimento de móveis com a utilização de equações e gráficos a fim de realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos; e **EM13CNT204**, pois possibilita ao estudante elaborar explicações utilizando cálculos sobre movimentos de objetos na Terra. **EM13MAT401** e **EM13MAT501** ao utilizar funções polinomiais de 1º grau em representações geométricas no plano cartesiano e reconhecer quando essa representação é de função polinomial de 1º grau.

Atividade em grupo

Cada integrante desta *Atividade em grupo* pode pesquisar individualmente as acelerações de diferentes modelos de carros e expor os resultados de suas pesquisas. Além da aceleração de carros, seria interessante pesquisar a aceleração de aviões de passageiros, aviões de caça, carros de corrida, lanchas de alto desempenho, arrancada de animais predadores e botes de cobras. O objetivo é mostrar aos estudantes a larga faixa de acelerações que alguns corpos podem desenvolver. Antes de desenvolver esta atividade, será conveniente realizar uma reflexão conjunta com a turma sobre as seguintes questões:

- Qual é o objetivo dessa pesquisa?
- Como e onde (fonte confiável) pesquisar sobre a aceleração de diferentes meios e animais como solicitado?
- Caso não se obtenham dados razoáveis, a pesquisa será invalidada?
- É bom para uma pesquisa científica não produzir resultados considerados satisfatórios?

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**

Esta atividade permite desenvolver a habilidade **EM13CNT205**, pois requer do estudante tomadas de medidas sistemáticas e possíveis de ser reproduzidas para modelamento do fenômeno e previsão; permite também a introdução do conceito de incerteza.

Aplicando conhecimentos

5 Podemos citar como exemplos de movimentos uniformes: movimento da extremidade do ponteiro de um relógio; movimento de um ponto na linha do equador devido à rotação da Terra; movimento de uma pessoa que sobe de um andar para outro utilizando uma escada rolante; movimento de propagação do som e da luz.

6 O exercício explora, de maneira bastante completa, dois movimentos uniformes de sentidos opostos.

a) A figura que acompanha o enunciado, reproduzida a seguir, permite obter as constantes s_0 e v de cada móvel.

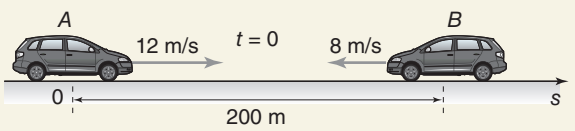


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Para o móvel *A*, temos: $s_0 = 0$ e $v = 12$ m/s

E, para o móvel *B*: $s_0 = 200$ m e $v = -8$ m/s

Como o movimento é uniforme, as funções horárias dos móveis *A* e *B* são do tipo $s = s_0 + v \cdot t$; assim:

$s_A = 12 \cdot t$ (SI)

$s_B = 200 - 8 \cdot t$ (SI)

b) No instante do encontro, os móveis *A* e *B* deverão estar no mesmo ponto da trajetória, ou seja, $s_A = s_B$. Então:

$s_A = s_B \Rightarrow 12 \cdot t = 200 - 8 \cdot t \therefore t = 10$ s

MODERNA

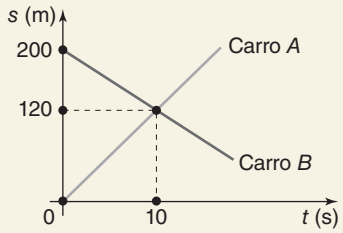
c) Para o instante $t = 10$ s, vamos determinar o espaço s do móvel A. Assim, temos:

$s_A = 12 \cdot t \Rightarrow s_A = 12 \cdot 10 \therefore s_A = 120$ m

Como o móvel A partiu da origem ($s = 0$), podemos concluir que o encontro dos móveis ocorreu a 120 m da posição inicial de A.

d) O gráfico abaixo mostra o espaço s dos móveis em função do tempo t.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO



7 Os movimentos com velocidades variáveis são os mais comuns na natureza. Em geral, é o caso de uma pessoa andando, de um carro se deslocando, do movimento de decolagem e pouso de um avião, do movimento de um jogador de futebol durante uma partida etc. São exemplos de MUV: corpos em queda, desprezando-se a resistência do ar; corpos lançados verticalmente, desprezando-se a influência do ar; gotas de água caindo de uma torneira; corpos escorregando por um plano inclinado liso.

8 Vamos adotar a origem dos espaços no pedágio e orientar a trajetória no sentido dos movimentos.

O movimento do caminhão é uniforme e sua velocidade escalar é $v_c = 36$ km/h $= 10$ m/s. Sendo o espaço inicial nulo, temos para o caminhão a função horária: $s_c = 10 \cdot t$ (SI)

O movimento do automóvel é uniformemente variado, cuja aceleração escalar é $\alpha = 2{,}0$ m/s^2. O espaço inicial e a velocidade inicial são nulos. A função horária do automóvel é dada por:

$$s_A = s_{0A} + v_{0A} \cdot t + \frac{\alpha \cdot t^2}{2} \Rightarrow s_A = 0 + 0 + \frac{2{,}0 \cdot t^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow s_A = t^2 \text{ (SI)}$$

No instante do encontro, temos: $s_A = s_B \Rightarrow 10 \cdot t = t^2 \Rightarrow$
$\Rightarrow t \cdot (t - 10) = 0 \therefore t = 0$ e $t = 10$ s

Observação: $t = 0$ corresponde ao instante em que os móveis passam pelo pedágio. Portanto, o automóvel ultrapassa o caminhão no instante $t = 10$ s.

Para determinar a posição do encontro, basta substituir $t = 10$ s numa das funções horárias:

$s_A = t^2 \Rightarrow s_A = (10)^2 \therefore s_A = 100$ m

O automóvel ultrapassa o caminhão a 100 m do pedágio.

Equação de Torricelli para o MUV

Destaque para os estudantes que a equação de Torricelli não é "mais uma fórmula" para o movimento dos corpos, mas, sim, uma solução para a condição na qual não temos a informação temporal, assim, não há possibilidade de analisar o movimento em função do tempo, como ocorre nas funções horárias.

A demonstração da equação de Torricelli a partir das funções horárias da posição e da velocidade é opcional.

Aplicando conhecimentos

9 O exercício é uma aplicação da equação de Torricelli. Ressalte para os estudantes que é preciso converter a velocidade final de km/h para m/s. Do enunciado, temos:

$v_0 = 0$, $v = 54$ km/h $= 15$ m/s e $\Delta s = 75$ m

A equação de Torricelli fornece:

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta s \Rightarrow 15^2 = 0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot 75$

$\therefore \alpha = 1{,}5$ m/s^2

10 Vamos aplicar duas vezes a equação de Torricelli:

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta s$

$0 = (60)^2 + 2 \cdot \alpha \cdot d$ (1)

$v^2 = (70)^2 + 2 \cdot \alpha \cdot d$ (2)

De (2) − (1), obtemos:

$v^2 = (70)^2 - (60)^2 \Rightarrow v^2 = 1.300 \therefore v \simeq 36$ km/h

Atividade em grupo

Esta *Atividade em grupo* aborda a redução da velocidade máxima nas principais vias de uma cidade. O objetivo da redução da velocidade é diminuir o alto número de acidentes de trânsito e de atropelamentos nessas vias. Conforme a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), de São Paulo, um impacto a 30 km/h tem menos de 10% de chance de matar o pedestre; a 40 km/h, essa chance sobe para cerca de 20% e, a 50 km/h, aproxima-se dos 50% de chance, chegando a 100% para qualquer velocidade acima dos 80 km/h.

Comentário da questão: Com a redução da velocidade, as distâncias entre os carros tornam-se menores; consequentemente, aumenta a capacidade da via. Os conflitos provenientes de acessos e saídas e as colisões tornam-se menos frequentes e, assim, a fluidez do trânsito melhora. Diminui a probabilidade de uma vítima do trânsito ficar gravemente ferida.

De olho na BNCC

- **EM13LGG701**
- **Competência geral 2**

Esse boxe também trabalha a **competência geral 2**, pois visa exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica com a finalidade de investigar causas e efeitos da redução da velocidade dos veículos na fluidez do trânsito. Também possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13LGG701** ao propor ao estudante a exploração de tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), e utilizá-las de modo ético e adequado a práticas de linguagem em diferentes contextos.

Movimento vertical nas proximidades da superfície terrestre

Foi **Galileu Galilei** (1564-1642) quem estabeleceu corretamente a lei de queda dos corpos. Segundo essa lei, quando um corpo cai livremente, isto é, quando desprezamos a resistência do ar, sua aceleração é constante e a denominamos **acelera-**

MODERNA

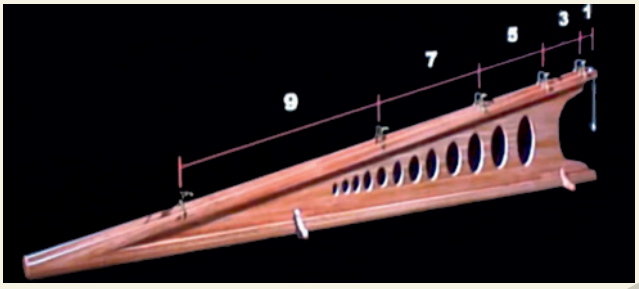
ção da gravidade, que é a mesma para todos os corpos leves ou pesados, grandes ou pequenos.

Indique aos estudantes o vídeo sobre a queda de um martelo e de uma pena realizada na Lua (onde não há atmosfera) pelo astronauta David R. Scott. O astronauta largou de uma mesma altura uma pena e um martelo e os dois objetos atingiram o solo no mesmo instante.

Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=HqcCpwleiu4>. Acesso em: 24 jun. 2020.

Sendo a aceleração da gravidade constante, **os corpos em queda livre realizam um movimento retilíneo e uniformemente variado**. Valem as mesmas funções horárias do MUV para um corpo abandonado em repouso (queda livre) ou lançado com velocidade v_0 para baixo ou para cima.

Como a aceleração da gravidade é muito grande, o que dificulta a realização dos experimentos, Galilei realizou suas experiências utilizando planos inclinados, nos quais a queda dos corpos ocorre mais lentamente. Na foto abaixo, temos um dos planos inclinados utilizados por Galileu. O objeto está exposto no Museo di Storia della Scienza, Florença, Itália.



ARQUIVO PESSOAL - MUSEO DI STORIA DELLA SCIENZA, FLORENÇA, ITÁLIA

A esfera é abandonada da origem dos espaços. Sua queda ao longo do plano inclinado é um MUV. As distâncias percorridas, em intervalos de tempo iguais e sucessivos, estão em progressão aritmética na foto: 1, 3, 5, 7 e 9.

Dialogando com o texto

Na primeira situação apresentada na seção *Dialogando com o texto*, a resistência do ar é maior na folha aberta, pois uma área maior fica exposta ao ar. Consequentemente, a folha aberta leva mais tempo para atingir o solo. No segundo experimento, o apagador não permite que o ar atue diretamente sobre a folha amassada e o pedaço de folha aberta. No caso proposto, o apagador impede que o ar atrapalhe a queda dos corpos que estão sobre ele, assim, os três atingirão o solo no mesmo instante. A situação apresentada tem certa analogia com um carro de Fórmula 1 que pega o "vácuo" que se forma atrás de outro carro em alta velocidade.

Em 2014, a Nasa realizou um experimento sobre a queda de corpos na maior câmara de vácuo do mundo. Sugerimos finalizar a aula com a exibição do vídeo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IB_mYna8ddQ>. Acesso em: 24 jun. 2020.

Se não for possível exibir o vídeo, indique-o aos estudantes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois envolve a elaboração de hipóteses, previsão e estimativas, representação e interpretação de modelos explicativos a fim de avaliar os resultados experimentais para a construção de uma justificativa para a situação-problema proposta sob uma perspectiva científica.

Atividade em grupo

Essa *Atividade em grupo* tem como finalidade propor o desenvolvimento do pensamento computacional, de forma metódica e sistemática, por meio de diversas estratégias, como a análise do problema proposto, a compreensão dos parâmetros que devem ser empregados para a resolução do problema, a definição de variáveis e valores fixos, a modelagem com base nos conceitos desenvolvidos ao longo do capítulo, a resolução do problema por partes, a fim de comparar os resultados, destacando, assim, quais valores são variáveis e quais são fixos. Possibilita, por fim, automatizar o problema e aplicá-lo em uma planilha eletrônica, tornando o preenchimento dos dados na tabela uma tarefa rápida de ser realizada. Além disso, proporciona ao estudante a prática com um instrumento de cálculo eletrônico muito utilizado atualmente.

Contudo, a atividade também pode ser desenvolvida fazendo-se os cálculos à mão ou com o auxílio de uma calculadora, sem prejuízo no aprendizado dos conceitos e do alcance do objetivo didático-pedagógico da atividade. Porém, é importante que os estudantes, ao realizarem a tarefa à mão, sejam capazes de determinar os valores fixos e variáveis que foram utilizados para a resolução do problema, chegando à conclusão de que esta tarefa pode ser automatizada.

Qualquer que seja a ferramenta escolhida para a realização da atividade, eletrônica ou manual, oriente os estudantes sobre a necessidade de sistematização do preenchimento da planilha e da verificação da grandeza dos resultados obtidos, não confiando apenas na ferramenta, uma vez que erros de digitação (meio eletrônico) ou erros de cálculos (meio manual) podem ocorrer, prejudicando a análise dos dados obtidos.

Atenha-se ao produto elaborado com os dados e cuide para que o material de divulgação não contenha erros conceituais nem informações apelativas ou informações imprecisas que levem ao descrédito do trabalho realizado pelos estudantes.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**

Essa seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, pois envolve a elaboração de hipóteses, previsões e estimativas, representação e interpretação de modelos explicativos e dados, a fim de construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica; e **EM13CNT302**, pois possibilita ao estudante a comunicação dos resultados para públicos variados e em diversos contextos, a elaboração e a interpretação de textos, tabelas e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), participando de debates em torno de temas científicos e tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

MODERNA

Sugestão de simulador para o professor

Hacklab. Simulador de trânsito.

Disponível em: <https://www.hacklab.com.br/simulador-de-transito/>. Acesso em: 12 maio 2020.

O simulador permite variar a velocidade da via e apresenta uma avaliação sobre o fluxo de trânsito para cada variação.

CAPÍTULO 7 Citologia (I): Membrana celular e citoplasma

Metas do capítulo

- Conhecer alguns fatos históricos sobre a teoria celular e compreender sua importância como unificadora dos conhecimentos de Biologia.
- Conhecer os princípios básicos de funcionamento do microscópio fotônico (óptico) e do microscópio eletrônico, e ter informações sobre sua ampliação e poder de resolução.
- Conhecer os fundamentos das principais técnicas de preparação de materiais biológicos para observação ao microscópio.
- Conhecer as unidades de medida utilizadas em microscopia — micrômetro e nanômetro — comparando-as entre si e com o metro.
- Conhecer a composição molecular básica da membrana plasmática e de outras biomembranas, compreendendo o modelo do mosaico fluido que explica sua estrutura e propriedades.
- Compreender a célula como uma entidade tridimensional, em cujo interior há diferentes estruturas – organelas – que funcionam de maneira integrada para a manutenção da vida celular.
- Relacionar as principais diferenças entre células procarióticas e células eucarióticas e identificar os grupos de seres vivos em que cada tipo de célula ocorre.
- Identificar, em esquemas e fotografias, diferentes partes das células como: membrana plasmática, citosol, retículo endoplasmático, complexo golgiense, mitocôndria, plasto, centríolo, cílio e flagelo, associando a estrutura e a função (ou funções) de cada uma dessas organelas celulares.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo desafia os estudantes a refletirem sobre a composição básica dos seres vivos. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. É verdade que os seres vivos são feitos de átomos, mas não é possível definir o átomo como unidade básica apenas de seres vivos. Avalie conhecimentos prévios dos estudantes retomando os conceitos de organismo unicelular e organismo pluricelular; pergunte aos estudantes qual o ser vivo mais simples que eles conhecem e o que o caracteriza como ser vivo. Anote na lousa, ou peça a um estudante para anotar, os atributos levantados. Possivelmente serão listados atributos como: capacidade de respirar, de se alimentar, de se reproduzir etc. Estimule uma discussão sobre o conceito de célula; confira se entre os atributos enumerados sobre um ser vivo estão presentes as células. Nessas conversas, informe aos estudantes que dentro de uma célula há estruturas especializadas na nutrição, respiração, reprodução etc.

A abertura também traz uma reflexão sobre a importância do desenvolvimento tecnológico para o avanço do conhecimento da organização microscópica da vida.

De olho na BNCC

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

Ao explorar, ao longo do capítulo, a construção do conceito de célula como unidade básica da vida, surge uma oportunidade para desenvolver a habilidade **EM13CNT301**. O capítulo também permite trabalhar a habilidade **EM13CNT202**, uma vez que o estudo das células é uma análise da manifestação da vida no nível microscópico.

1. O estudo das células

O tópico se inicia com os fundamentos da teoria celular propostos por Schleiden e Schwann. Embora a invenção do microscópio tenha permitido a visualização das células, a concepção de que a célula é a unidade da vida foi construída passo a passo, ao longo de quase dois séculos, graças a contribuições de muitos cientistas. É recomendável discutir esse ponto de vista com os estudantes, levando-os a reconhecer os valores históricos da contribuição coletiva na produção de conhecimento, trabalhando assim a **competência geral 1**. Uma pergunta que pode ser feita para direcionar essa discussão é se a célula foi "descoberta" em 1665, quando Hooke visualizou pela primeira vez as cavidades da cortiça, ou quando Schleiden e Schwann propuseram os fundamentos da teoria celular, em 1838-1839. Leve os estudantes à compreensão de que o conceito de célula como unidade da vida decorreu de uma evolução do conhecimento em diversas áreas da Biologia e foi fundamental para o avanço dessa disciplina. O item permite trabalhar a habilidade **EM13CNT301**.

No capítulo são apresentados os microscópios fotônico e eletrônico, os princípios de seu funcionamento e as técnicas gerais de preparação de material biológico para a observação microscópica. O estudo sobre os princípios de funcionamento dos microscópios é uma oportunidade para explorar a habilidade **EM13CNT308**.

O estudo dos microscópios e das unidades de medida utilizadas no nível microscópico, o micrômetro e nanôme-

MODERNA

tro, possibilitam integrações com a Física e a Matemática. Converse com os professores dessas disciplinas a respeito da possibilidade de desenvolver, em conjunto com Biologia, temas como a conversão entre unidades lineares, números decimais e notação científica expressa em potências de 10. Outra possibilidade é combinar com o professor de Física um trabalho conjunto sobre conceitos de óptica aplicados aos microscópios fotônicos.

Para ajudar os estudantes a se familiarizar com unidades utilizadas no mundo microscópico, podemos incumbi-los de elaborar uma linha de escalas na qual serão dispostas diferentes unidades de medida linear utilizadas no mundo microscópico e submicroscópico. Sugira que eles produzam, em grupo, as escalas em cartolina ou papel-cartão em tamanho grande, para permitir uma posterior inclusão de dados. Em uma linha horizontal traçada na cartolina serão representadas as unidades utilizadas para medir comprimentos menores que o metro (m). Um "m" na extrema esquerda da linha representa o metro. A próxima unidade a ser representada na linha será o milímetro, equivalente à milésima parte do metro ($1\ mm = 10^{-3}\ m$). Deve-se deixar um espaço razoável entre as duas unidades. A linha de unidades deve conter também o micrômetro ($1\ \mu m = 10^{-6}\ m$), o nanômetro ($1\ nm = 10^{-9}\ m$), o picômetro ($1\ pm = 10^{-12}\ m$) e o fentômetro ($1\ fm = 10^{-15}\ m$). O desafio para os estudantes será localizar, na linha de unidades, as ordens de grandeza de componentes dos seres vivos, tais como: a) diâmetro médio de uma célula humana = 0,00001 m; converter de metros para micrômetros e marcar onde se situa a célula na linha de unidades; b) espessura da membrana plasmática que envolve a célula = 0,0000005 m; converter de metros para nanômetros e marcar onde se situa a espessura da membrana na linha de unidades; c) diâmetro aproximado de um átomo de hidrogênio = 0,0000000001 m; converter de metros para nanômetros ou picômetros e assinalar onde se situa o átomo de hidrogênio na linha de unidades; d) diâmetro aproximado de um próton = 0,000000000000000841 m; converter de metros para fentômetros e assinalar onde se situa o próton na linha.

Essa proposta de atividade complementar estimula os estudantes a buscarem informações confiáveis e a dividirem com os colegas as suas descobertas, trabalhando a habilidade **EM13CNT302**; ao estimular a representação das informações de forma científica e criativa, a atividade contribui também com a **competência geral 4**.

Dialogando com o texto

A atividade propõe observar fotos impressas em jornais, revistas e livros para compreender o conceito de limite de resolução. Possivelmente a maioria dos estudantes tem ideia do que significa resolução, graças a conhecimentos sobre telas de televisão, de *smartphones* e de computadores. Considere os conhecimentos prévios deles sobre o assunto para motivá-los a associar o que conhecem ao conteúdo apresentado.

Ao ampliar imagens impressas com lente de aumento, é possível enxergar os pontinhos que formam a imagem, revelando o limite de resolução. Isso indica que existe um limite para o nível de detalhamento da imagem observada, diretamente relacionado com a resolução da imagem. Quanto maior a resolução, mais detalhes é possível enxergar.

Atividade em grupo

A atividade tem como objetivo mostrar aplicações da nanotecnologia, sendo uma oportunidade para desenvolver a habilidade **EM13CNT302** e a **competência geral 4**.

A seguir apresentamos exemplos de respostas que podem ser dadas às questões apresentadas.

a) Como exemplos de aplicações da nanotecnologia podem-se citar sua importância em certos tipos de células solares fotovoltaicas; no tratamento e purificação da água; na produção de *nanochips* e na eletrônica molecular; na produção de tintas que economizarão água e evitarão doenças e de roupas que não sujam e não molham; em janelas autolimpantes que produzem energia; em materiais "inteligentes" para construções sustentáveis.

b) Como perspectivas de utilização da nanotecnologia no campo da medicina e da saúde podem-se mencionar: tratamentos e diagnósticos do câncer; novas estratégias para levar o medicamento diretamente ao órgão doente por meio de nanopartículas; nanosensores biológicos que emitem informações do interior do corpo humano em tempo real; confecção de vestimentas, material cirúrgico e equipamentos hospitalares com propriedades bactericidas; protetores solares mais eficientes. Mais informações podem ser encontradas em <https://www.ensinano.com.br/>. Acesso em: 1º maio 2020.

c) Resposta pessoal. Incentive os estudantes a debater os textos produzidos. Isso ajudará a enriquecer as respostas do item anterior. Incentive os grupos a compartilhar suas produções por meio de mídias digitais.

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT308**
- **EM13CHS106**
- **Competência geral 4**

Os conteúdos e atividades desse item possibilitam o desenvolvimento da **competência geral 4**, ao estimular os estudantes a se expressarem e se comunicarem por meio de diferentes linguagens. A habilidade **EM13CNT202** é favorecida ao estudar as células, que é considerada a menor unidade de vida; o trabalho com a habilidade **EM13CNT301** pode ser desenvolvido ao apresentar a evolução do modelo atual de célula como unidade fundamental da vida; a comunicação de resultados sobre os avanços da nanotecnologia contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**, e o estudo dos princípios de funcionamento dos microscópios contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT308**. Além disso, a habilidade **EM13CHS106** da área de Ciências Humanas e Sociais aplicadas é favorecida com o trabalho de comunicação de resultados por meio de diferentes linguagens e mídias digitais, exercendo protagonismo na vida pessoal e coletiva.

MODELO

2. As membranas biológicas, ou biomembranas

É importante enfatizar, neste item do capítulo, o significado biológico da finíssima membrana que separa a célula do meio externo. Se não houvesse um envoltório para controlar a entrada e a saída de certas substâncias, a célula não manteria sua individualidade e seu meio interno equilibrado. É importante lembrar aos estudantes que o aparecimento da membrana celular pode ter sido fundamental à origem da vida; a formação dos primeiros seres vivos do planeta provavelmente tem como marco decisivo seu isolamento do ambiente por meio de uma membrana.

Este tópico apresenta o modelo mosaico fluido para as biomembranas. Pode-se iniciar a discussão do tema indagando aos estudantes o que seria uma molécula hidrofílica e uma hidrofóbica. Apresente a eles detalhes da estrutura molecular de um fosfolipídio, como o da imagem ao lado. Destaque o caráter hidrofílico da porção fosfato da molécula e o caráter hidrofóbico da porção lipídica, ressaltando que, graças a essas características, as porções hidrofílicas se organizam voltadas para as faces interna e externa da membrana, em contato com os meios aquosos intra e extracelulares.

Informe aos estudantes que os autores do modelo o intitularam mosaico fluido porque os componentes lipídicos e proteicos podem se mover no plano da membrana sem que esta se desestabilize e se rompa. Uma reflexão sobre a estrutura da membrana e suas propriedades pode ser estimulada pela comparação da membrana com a película de uma bolha de sabão.

A atividade *Em destaque* apresenta o conceito de lipossomas, estruturas esféricas constituídas de uma ou várias bicamadas concêntricas de fosfolipídios, que os isolam do meio externo ou do meio interno aquoso. Se julgar conveniente, complemente a atividade sugerindo aos estudantes que façam um desenho esquemático de um lipossomo com base em sua pesquisa.

Ao abordar o tópico de fagocitose e pinocitose, estimule os estudantes a comparar fagossomos e pinossomos com os lipossomas, destacando características em comum entre eles.

Dialogando com o texto

A atividade estimula o aprofundamento no tema relacionado à fagocitose, propondo uma pesquisa sobre a relação entre o pus e a atividade fagocitária de certas células de defesa (glóbulos brancos).

Em um processo infeccioso, alguns tipos de glóbulos brancos, denominados neutrófilos, abandonam os capilares sanguíneos por meio da diapedese e chegam aos tecidos infectados, onde atacam e fagocitam o agente infeccioso, na tentativa de eliminá-lo. Nesse processo, muitos neutrófilos morrem e a massa de células mortas forma o pus. Mais informações podem ser encontradas em <https://tribunaonline.com.br/doutor-joao-responde-por-que-as-infeccoes-produzem-pus>. Acesso em: 1º maio 2020.

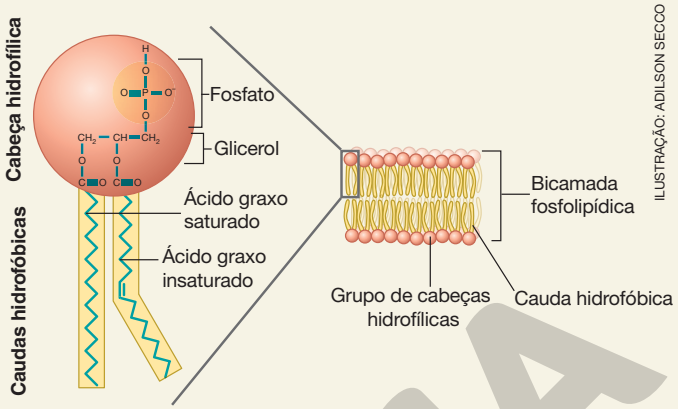


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**

A interpretação das imagens presentes no Livro do Estudante e neste suplemento auxiliam na compreensão do modelo da estrutura molecular da membrana plasmática e contribuem para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

A atividade proposta na seção *Em destaque* estimula a interpretação do texto e a pesquisa em fontes confiáveis, permitindo trabalhar a habilidade **EM13CNT303**.

3. O citoplasma da célula eucariótica

É importante trabalhar a visão da célula como um microambiente tridimensional no qual se desenrola a trama metabólica da vida. Se no currículo da escola houver a disciplina de Arte, pode-se propor ao professor responsável um trabalho integrado, em que seria abordado o conceito de célula como um espaço tridimensional, no qual se localizam o núcleo e as organelas.

Exercite com os estudantes a visão tridimensional da célula e de suas partes. Apresente o seguinte problema: se ampliássemos uma célula cúbica com 10 µm de lado ao tamanho da sala de aula, que tamanhos teriam as diversas organelas? Peça que façam os cálculos e comparem as organelas com os tamanhos e formas de frutas como uvas, laranjas, melancias etc. se possível ilustrando-as com desenhos. Lembre-se de que é difícil para os estudantes concretizarem as dimensões microscópicas das células. Complemente a atividade com uma conversa em classe sobre as conclusões a que os estudantes chegaram. A interpretação de fotomicrografias de materiais biológicos, relacionando-as ao modelo tridimensional de célula possibilita desenvolver a habilidade **EM13CNT301**.

Dialogando com o texto

A atividade propõe uma pesquisa sobre a relação entre lisossomos e doenças. Os lisossomos quando são perfurados

MODERNA

após ingerir partículas silicosas ou de amianto destroem células dos alvéolos pulmonares, causando lesões. A prevenção a essas doenças pode ser feita evitando a exposição às partículas desses materiais pela utilização de máscaras protetoras. O uso do amianto é proibido em vários países, inclusive no Brasil, desde 2017.

Organize uma apresentação em sala de aula das pesquisas realizadas sobre o assunto. Estimule os estudantes a ler seus textos para a classe e a discuti-los com os colegas.

Uma sugestão para encerrar este tópico é desafiar os estudantes a correlacionarem a membrana plasmática, o envoltório nuclear, os lisossomos, o retículo endoplasmático e o complexo golgiense, perguntando o que todas essas estruturas têm em comum. Ajude-os a identificar que são todas formadas por biomembranas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CNT306**
- **Competência geral 8**

A pesquisa, a organização e a exposição das informações na atividade da seção *Dialogando com o texto* possibilitam o trabalho com a habilidade **EM13CNT303**. A reflexão sobre a segurança no trabalho contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**. A compreensão dos efeitos de substâncias nocivas a saúde e a importância de evitar o contato com elas permite desenvolver a **competência geral 8**.

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa B. As biomembranas têm constituição lipoproteica.

2 1. a; 2. b; 3. d; 4. c. O complexo golgiense é responsável pela secreção celular, os lisossomos promovem a digestão intracelular, a síntese de proteínas a serem exportadas pela célula ocorre no ribossomos do retículo granuloso e a síntese de lipídios ocorre no retículo endoplasmático não granuloso.

Ao abordar o citoesqueleto, incentive os estudantes a imaginar o que define a forma de uma célula, lembrando que a membrana plasmática é muito flexível e deformável. Retome as figuras 5 e 10 e indague: será que as organelas simplesmente flutuam aleatoriamente no citoplasma? Ou há algum tipo de estrutura esquelética que sustenta a célula?

Peça aos estudantes que examinem atentamente a figura 11 do livro. Esclareça que há uma complexa rede de microtúbulos e microfilamentos que formam uma estrutura de ancoragem para as organelas, permitem direcionar vesículas e outros conteúdos do citoplasma, além de possibilitar o movimento celular. O esqueleto intracelular desempenha papel relevante na definição da forma da célula.

O estudo da mitocôndria permite discutir o papel dessa organela nos processos energéticos celulares. Lembre aos estudantes que nas mitocôndrias ocorre a respiração celular, processo em que moléculas orgânicas são degradadas com a utilização de gás oxigênio, disponibilizando energia para as atividades celulares. Os detalhes bioquímicos da respiração celular serão estudados em outras oportunidades durante o Ensino Médio.

Um ponto interessante a ser abordado neste item é a hipótese da origem endossimbiótica das mitocôndrias, segundo a qual essas organelas descenderiam de bactérias que foram fagocitadas pelos ancentrais das células eucarióticas, com as quais teriam estabelecido uma relação do tipo mutualismo obrigatório. Essa hipótese é corroborada por diversas semelhanças estruturais entre mitocôndrias e bactérias, como o fato de mitocôndrias e bactérias se reproduzirem por divisão binária, terem DNA próprio e uma maquinaria para a síntese de proteínas, com ribossomos diferentes e menores que os das células eucarióticas.

Outro ponto interessante a abordar é a descoberta de que o DNA mitocondrial (DNAmt) é transmitido apenas matrilinearmente, isto é, das fêmeas para suas filhas, o que tem permitido estudos evolutivos, como o estabelecimento de árvores filogenéticas de populações, inclusive humanas. Pesquisas nesse campo, utilizando DNA mitocondrial, reforçam a hipótese de que a humanidade teve origem em um grupo de pessoas que incluía a matriarca de todas as populações humanas que se dispersaram pelo mundo, a chamada "Eva mitocondrial". Converse com os estudantes sobre o assunto e sugira que formem grupos para pesquisar na internet o tema "Eva mitocondrial". É possível que eles encontrem desde *sites* sérios até outros sensacionalistas e que não trazem informações confiáveis. Alerte-os sobre isso e sugira que sempre confiram as informações em diferentes fontes de pesquisa. O resultado do trabalho pode ser uma apresentação em classe e um debate sobre os resultados das pesquisas.

Ao abordar o tópico sobre os cloroplastos, destaque a importância dos seres fotossintetizantes na manutenção da maior parte da vida no planeta. É por meio da fotossíntese que organismos produtores geram moléculas orgânicas que sustentam as teias alimentares. Nesse processo há produção de gás oxigênio, indispensável à respiração celular. Os cloroplastos têm papel importante na produção da matéria orgânica que sustenta a vida no planeta, uma vez que a fotossíntese em plantas e algas ocorre no interior dessas organelas.

Como no item anterior, é interessante lembrar a hipótese da origem endossimbiótica dos cloroplastos, que propõe que essas organelas teriam se originado de bactérias fotossintetizantes, englobadas por primitivas células eucarióticas, com as quais estabeleceram uma relação de interdependência, do tipo mutualismo obrigatório.

Ao final do tópico, estimule os estudantes a comparar mitocôndrias e cloroplastos e a justificar a teoria da endossimbiose para explicar a origem evolutiva das duas organelas.

MANUAL DO PROFESSOR

CAPÍTULO 8 Citologia (II): Núcleo celular, cromossomos e mitose

Metas do capítulo

- Reconhecer que o núcleo das células eucarióticas é o centro de controle das atividades celulares.
- Reconhecer e identificar, em esquemas e fotografias de células, o núcleo celular e suas partes: carioteca, cromatina e nucléolo.
- Estar informado de que a cromatina é o conjunto de cromossomos do núcleo e compreender os níveis da organização cromossômica.
- Reconhecer, em esquemas e fotografias, o centrômero e as cromátides-irmãs de um cromossomo.
- Conhecer o número padrão de cromossomos da espécie humana (46) e compreender o significado das fórmulas cromossômicas da mulher (46, XX) e do homem (46, XY).
- Estar informado de que a Citogenética Humana tem permitido aconselhar pessoas sobre um eventual risco de terem filhos com alterações genéticas.
- Conhecer e associar alterações no cariótipo às síndromes de Down, de Turner e de Klinefelter.
- Reconhecer o papel da mitose na reprodução de organismos unicelulares e no crescimento e desenvolvimento de organismos multicelulares.
- Conhecer as principais subdivisões do ciclo celular, relacionando-as ao processo de duplicação do DNA cromossômico.
- Reconhecer e identificar, em esquemas e fotografias de células em divisão, as principais fases da mitose: prófase, metáfase, anáfase e telófase, além da citocinese.
- Compreender a relação funcional entre os processos de condensação dos cromossomos, formação do fuso mitótico e distribuição dos cromossomos para as células-filhas.
- Estar informado de que a formação de tumores, entre eles os cânceres, resultam de alterações genéticas que desregulam processos de mitose no organismo.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo aborda a clonagem de mamíferos. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. Avalie os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o que eles entendem por clone. Indague se eles conhecem algum organismo que gere indivíduos geneticamente idênticos, retomando conceitos de reprodução assexuada e sexuada. Esclareça que a clonagem ocorre naturalmente na reprodução assexuada de microrganismos e mesmo de algumas plantas, que podem gerar outro indivíduo por meio do brotamento de uma parte do organismo. Se julgar interessante, comente que o termo clone vem da palavra grega *klón*, que significa "broto vegetal" e foi utilizado pela primeira vez em 1903 pelo botânico Herbert J. Webber (1865-1946), quando pesquisava plantas no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. É importante que os estudantes compreendam que a clonagem pode ocorrer de forma natural ou artificial e que a técnica de clonagem já vem sendo utilizada pela humanidade há muito tempo na agricultura e no cultivo de microrganismos como bactérias, leveduras e protozoários.

Se julgar conveniente, explique que a clonagem de animais começou antes da ovelha Dolly. A primeira experiência bem sucedida ocorreu em 1952, quando foi feita a primeira clonagem de sapos a partir de células embrionárias. Ovelhas já haviam sido clonadas a partir de células embrionárias em 1984 e, em 1986, o mesmo foi feito com uma vaca. A grande novidade do caso da ovelha Dolly foi o fato de o clone ter sido gerado a partir de uma célula da glândula mamária adulta e diferenciada.

Este capítulo apresenta conceitos importantes sobre o núcleo celular e seus principais componentes, os cromossomos, nos quais se localizam os genes, que contêm as instruções genéticas para cada espécie ser o que ela é. Os estudantes podem exercitar a imaginação para visualizar desde a estrutura nanométrica do cromossomo, constituído por uma única molécula de DNA associada a moléculas de proteínas, até o nível do cromossomo condensado, visível ao microscópio fotônico.

O conteúdo aborda, ainda, o processo rigoroso e preciso de divisão celular, a mitose, que garante a transmissão de todos os genes às células-filhas, com um número mínimo de erros. Conhecer e compreender a mitose melhora nossa visão sobre os fenômenos implicados na continuidade da vida na Terra, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.

Atividade em grupo

A proposta desta atividade é pesquisar a respeito da clonagem biológica, técnica que obteve destaque com a clonagem da ovelha Dolly. Enfatize aos estudantes que a clonagem de Dolly demonstrou que no núcleo de cada uma das células corporais do animal há um conjunto completo de instruções genéticas para ser uma ovelha. Por analogia, deduzimos que o mesmo ocorre em nossa espécie. Para finalizar a atividade, conduza um debate em classe para que os estudantes apresentem suas pesquisas e exponham seus pontos de vista. Mais informações podem ser encontradas em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/clonagem-como-foi-possivel/>; <https://www.ufrgs.br/bioetica/clone.htm>. Acessos em: 6 maio 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CNT304**

A pesquisa em diferentes mídias e a interpretação de textos na temática da clonagem favorecem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**. O estímulo ao debate de situações controversas, como tecnologias envolvendo o DNA e com base em argumentos consistentes, contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT304**.

MODERNA

1. Organização do núcleo celular

Este item trata do núcleo celular, que contém informações codificadas que controlam o desenvolvimento e o metabolismo da célula viva. São trabalhados conceitos importantes relativos ao núcleo celular e a seus principais componentes – os cromossomos –, nos quais se localizam os genes. Conhecer a estrutura do núcleo celular auxilia no trabalho com a habilidade **EM13CNT202**, por propiciar a compreensão dos níveis de organização e de manifestação da vida.

2. A arquitetura dos cromossomos

Estimule os estudantes a tentar visualizar a transição da estrutura nanométrica do cromossomo, constituído por uma única molécula de DNA associada a moléculas de proteínas, até o nível do cromossomo condensado, visível ao microscópio fotônico. Se dispuser dos recursos de um laboratório de informática, complemente o estudo da figura 3 apresentando o vídeo disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/13895/video_do_dna.mp4>, que representa uma animação que parte de um cromossomo condensado e chega até a molécula de DNA que o compõe. Acesso em: 6 maio 2020.

Se houver tempo e interesse, proponha que os estudantes construam modelos dos níveis de organização do cromossomo e dos tipos de cromossomos quanto à posição do centrômero. Se em sua escola houver a disciplina de Arte, converse com o professor responsável sobre a possibilidade de assessorar os estudantes na construção de modelos da estrutura dos cromossomos, de cromossomos duplicados e das relações entre cromossomos homólogos.

Dialogando com o texto

A atividade leva a uma reflexão necessária sobre a valorização das contribuições de mulheres na Ciência. Mais informações podem ser encontradas em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/as-mulheres-na-ciencia-e-as-expectativas-para-o-seculo-xxi-3/>; <https://observatorio3setor.org.br/carrossel/mulheres-na-ciencia-os-desafios-e-conquistas-de-ontem-e-hoje/>; <http://mulheresnaciencia.com.br/>; <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/10-mulheres-que-revolucionaram-a-ciencia/>. Acessos em: 10 abr. 2021.

De olho na BNCC

- **EM13CHS106**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **Competência geral 9**

Ao estimular a apresentação em diferentes mídias, de forma crítica e reflexiva, a atividade favorece o desenvolvimento da habilidade da área de Ciências Humanas e Sociais aplicadas **EM13CHS106**. O incentivo à pesquisa para interpretação de textos em diferentes mídias, selecionando fontes confiáveis, e a divulgação dos resultados dessas pesquisas contribuem para as habilidades **EM13CNT303** e **EM13CNT302**. O respeito, a empatia e a valorização das mulheres na Ciência favorecem o desenvolvimento da **competência geral 9**.

Ao abordar o tema relativo aos cromossomos sexuais, retome o tópico da abertura do capítulo, estimulando os estudantes a refletir sobre o fato de o clone Dolly também ser fêmea, como a ovelha doadora de material genético. Será esse fato um acaso ou há motivos que os justifiquem?

3. Citogenética humana

O item trata de assuntos relevantes como a Citogenética Humana, o Aconselhamento Genético e algumas das principais síndromes relacionadas a alterações no número de cromossomos nas células, com destaque para a síndrome de Down, relacionada à trissomia do cromossomo de número 21. No Brasil estima-se que uma em 700 crianças apresente essa trissomia. Estimule seus estudantes a realizar a atividade *Dialogando com o texto* sobre a aceitação e a integração de pessoas Down à vida social e do trabalho.

Um aspecto importante a discutir com os estudantes é por que, em fotos e representações de cromossomos, eles geralmente aparecem duplicados. A resposta a essa pergunta encontra-se neste item, relativo às técnicas de preparação de cariogramas. Para a obtenção de cromossomos bem separados e em máximo grau de condensação, a fase ideal para observá-los é a metáfase da divisão celular, quando eles estão duplicados, sendo constituídos por duas cromátides unidas pelo centrômero.

Dialogando com o texto

A atividade propõe uma pesquisa sobre a inclusão social de pessoas Down ou com outro tipo de síndrome ou deficiência. Estimule pesquisas e discussões a respeito do tema e, se houver possibilidade, destine um período da aula para que os estudantes possam trocar informações de suas pesquisas e pontos de vista sobre o assunto. A pesquisa em fontes confiáveis de tecnologias digitais, favorece o acesso à informação de forma crítica, reflexiva, significativa e ética, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT303** e **EM13CHS106**. A elaboração de um texto focalizado em um tema de relevância sociocultural colabora com o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT302**. Além disso, o estímulo ao exercício da empatia para acolher e valorizar a diversidade contribui para o desenvolvimento da **competência geral 9**.

Mais informações podem ser encontradas em: <http://www.movimentodown.org.br/>; <http://www.blog.saude.gov.br/index.php/geral/52444-sindrome-de-down-as-surpresas-de-um-cromossomo-a-mais>; <https://www.todospelaeducacao.org.br/conteudo/conheca-o-historico-da-legislacao-sobre-inclusao>; <https://mundoeducacao.uol.com.br/educacao/inclusao-social.htm>. Acessos em: 7 maio 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT310**
- **EM13CNT303**
- **EM13CHS106**
- **Competências gerais 6 e 9**

A discussão sobre políticas voltadas à valorização e à inclusão de pessoas com síndrome de Down contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT207** quando se discutem os desafios e as vulnerabilidades contemporâneos, considerando aspectos físicos, emocionais e sociais; contempla também o desenvolvimento da **competência geral 6**, ao exercitar a cidadania e informar-se de aspectos relacionados ao mercado de trabalho. Essa pesquisa e discussão favorecem também o trabalho com a habilidade **EM13CNT310**, por estudar efeitos de programas e ações que contribuem para a melhoria da qualidade de vida de pessoas Down. A pesquisa em tecnologias digitais de fontes confiáveis, com acesso à informação de forma crítica, reflexiva, significativa e ética, contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT303** e **EM13CHS106**, da área de Ciências Humanas e Sociais aplicadas. Além disso, o estímulo ao exercício da empatia, com acolhimento e valorização da diversidade, contribui para o desenvolvimento da **competência geral 9**.

MODERNA

Aplicando conhecimentos

1 As células precursoras das hemácias (os eritroblastos) têm núcleo enquanto estão na medula de certos ossos, onde se formam. O núcleo é eliminado da célula pouco antes de a hemácia passar para o sangue, o que representa uma adaptação da célula para conter mais hemoglobina e, consequentemente, otimizar o transporte de gás oxigênio. Hemácias são, portanto, células eucarióticas que perderam o núcleo como resultado de um processo de diferenciação. Células procarióticas não apresentam núcleo delimitado por uma carioteca, nem apresentam organelas membranosas no citoplasma. Células procarióticas ocorrem apenas em bactérias e arqueas. Assim, o fato de hemácias maduras não apresentarem núcleo resulta de uma diferenciação extrema de células eucarióticas para o exercício de sua função.

2 Alternativa C. Cada cromossomo de um par de homólogos é herdado de um genitor, apresentando os mesmos genes. Genes localizados em posições equivalentes dos cromossomos do par de homólogos são chamado de alelos.

4. Dividir para multiplicar: mitose

É comum estudar mitose e meiose de forma sequencial e comparativa, uma vez que os eventos característicos dessas divisões são fundamentalmente os mesmos. Nesta obra, entretanto, optamos por não seguir essa tendência, partindo do princípio de que faz mais sentido estudar a meiose como um processo de formação de gametas ou de esporos, relacionado à reprodução sexuada das espécies. Acredita-se que, evolutivamente, a meiose tenha surgido como uma variação da mitose, permitindo o aparecimento da reprodução sexuada.

A compreensão dos fenômenos que envolvem a divisão celular pode ser facilitada pela representação da mitose por meio de modelos de argila ou massa de modelar, entre outros materiais. Ajude os estudantes a formar grupos para dividir as tarefas de construção dos modelos. Atividades teatrais também são modelos válidos e, se for o caso, ofereça essa possibilidade para os estudantes. Marque um dia para a apresentação dos trabalhos em classe e peça aos estudantes que avaliem o próprio trabalho e o dos colegas.

Estimule os estudantes a pensarem que seu corpo é resultado de divisões celulares que tiveram início no zigoto e que, no organismo adulto, permitem que surjam novas células para substituir as que morrem.

O câncer, há algumas décadas, era considerado uma doença incurável. Atualmente o cenário é outro e há cada vez mais possibilidades de cura de diversos tipos de câncer, tratados por quimioterapia e/ou por radioterapia. Se houver tempo e interesse, oriente os estudantes a formar grupos para pesquisar os diversos tipos de câncer, tratamentos, taxa de pessoas curadas, prevenção etc. Munidos dessas informações, sugira aos estudantes que entrevistem pessoas de variados públicos e faixa etária para descobrir o que elas sabem sobre o câncer e as chances de cura dessa doença. Se algum estudante conhecer pessoas que se trataram ou estão se tratando de algum tipo de câncer, seu depoimento pode ser valioso, desde que a pessoa concorde em compartilhá-lo. Se julgar conveniente, estimule os estudantes a criar uma campanha de conscientização sobre hábitos de vida saudáveis, que contribuem para a prevenção de variados tipos de câncer.

De olho na BNCC

- **Competência geral 8**

A abordagem de um tema relacionado à saúde, incentivando o autocuidado, promove a **competência geral 8**.

CAPÍTULO 9 Ligações químicas interatômicas

Metas do capítulo

- Ter noção de que gases nobres apresentam baixíssima tendência a se combinar.
- Saber que compostos iônicos são constituídos de cátions e ânions que se atraem devido às cargas elétricas de sinais opostos e que, quando a substância está sólida, tais íons constituem um retículo cristalino iônico.
- Prever a carga de íons de elementos representativos e a fórmula de compostos iônicos dos quais tomem parte.
- Compreender que uma molécula é um agrupamento de átomos unidos por ligação covalente, que decorre do compartilhamento de elétrons.
- Saber que substância molecular é aquela constituída de moléculas e que, quando ela está sólida, tais entidades podem formar um retículo cristalino molecular.
- Interpretar modelos moleculares e associá-los a fórmulas moleculares, eletrônicas e estruturais.
- Ter uma noção geral do modelo da ligação metálica, com elétrons deslocalizados pelo cristal, e das propriedades gerais dos metais, associando-as a aplicações dessas substâncias.
- Conhecer exemplos de ligas metálicas e suas aplicações no cotidiano.

MODERNA

- Caracterizar uma substância como iônica, molecular ou metálica fundamentando-se em propriedades como condutividade elétrica nas fases sólida e líquida, temperatura de fusão e de ebulição, e explicando, em linhas gerais, a razão dessas propriedades.

Sugestões didáticas e comentários

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

Este capítulo aborda alguns modelos introdutórios referentes às ligações químicas interatômicas, enfocando casos em que o caráter da ligação é predominantemente iônico, covalente ou metálico.

A foto de abertura do capítulo e o texto que se segue a ela referem-se ao aço. Aproveite o momento inicial do capítulo para questionar se os estudantes conhecem objetos feitos dessa liga e, em caso afirmativo, peça a eles que os enumerem. A seguir, questione por que, na opinião deles, os átomos se mantêm unidos em um pedaço de aço. Você pode também repetir o mesmo tipo de indagação para algumas substâncias – que sejam conhecidas deles, e exemplos significativos da ocorrência das ligações estudadas ao longo do capítulo. Por exemplo, o que mantém os átomos unidos no sal de cozinha, no açúcar, no gás oxigênio ou na água? Não mencione, neste momento introdutório, que ligações são essas. Aproveite para perceber e registrar concepções prévias sobre a ligação estabelecida entre átomos.

Você perceberá que são comuns concepções que transportam ideias inerentes ao mundo macroscópico para o domínio atômico-molecular, tais como achar que pode haver algum tipo de cola que gruda os átomos ou alguma espécie de engate mecânico entre eles. Essas são concepções que os estudantes deverão superar com a sua intervenção pedagógica ao estudar este capítulo. As ligações químicas se originam invariavelmente de **interações de natureza elétrica**. No caso da ligação iônica, trata-se da atração entre íons de cargas de sinais opostos (Item 3). No caso da ligação covalente, a união decorre de um compromisso envolvendo forças atrativas (entre elétrons compartilhados e núcleos atômicos) e forças repulsivas (elétron-elétron e núcleo-núcleo) (Item 4). No caso da ligação metálica, a coesão que resulta no cristal metálico deve-se a forças atrativas existentes entre cátions metálicos e elétrons deslocalizados (Item 5).

A percepção da origem elétrica das ligações químicas é de fundamental importância para que o estudo em questão não seja encarado como um conjunto de regras a memorizar, mas decorrência da compreensão dos fundamentos envolvidos.

Reforçam-se, dessa maneira, algumas ideias importantes deste volume: o pensamento científico busca elucidar a realidade física mediante questionamentos, que geram hipóteses, que geram experimentos, que geram observações, leis e teorias; todo esse processo é dinâmico e se repete indefinidamente, resultando no progresso do conhecimento científico.

Outro aspecto que pode ser discutido por você no início deste capítulo é sobre um procedimento frequente em Ciências da Natureza: classificar objetos em estudo, isto é, separá-los em categorias de acordo com suas propriedades. Em se tratando de substâncias químicas, um dos possíveis esquemas classificatórios consiste em dividi-las em três grupos, de acordo com o conjunto das propriedades temperatura de fusão e condutividade elétrica, tanto em fase sólida quanto em fase líquida.

Ao longo do capítulo, os estudantes perceberão que essas propriedades estão relacionadas ao tipo de ligação química interatômica. Um dos grupos é o das substâncias tipicamente iônicas, que têm em comum o fato de a ligação ser predominantemente iônica. Elas apresentam elevadas temperaturas de fusão e conduzem bem a corrente elétrica na fase líquida, mas não na fase sólida.

Outro grupo é o das substâncias tipicamente moleculares, nas quais os átomos se unem por ligação predominantemente covalente, constituindo as moléculas. Quando puras e sob pressão ambiente, essas substâncias não conduzem corrente elétrica e apresentam temperaturas de fusão que, de modo geral, são bem mais baixas que as das substâncias iônicas.

Uma terceira categoria, a das substâncias tipicamente metálicas, nas quais existe ligação predominantemente metálica, caracteriza-se pela boa condução de corrente elétrica tanto na fase sólida como na fase líquida. As temperaturas de fusão são relativamente altas, em geral superiores às das substâncias moleculares, embora haja algumas notáveis exceções a essa regularidade.

MODERNA

Exemplos desses três tipos de substância estão relacionados na Tabela 1, juntamente com algumas de suas propriedades. Existem outros tipos de substâncias conhecidos e estudados pelos químicos. Contudo, esses três grupos constituem o foco do interesse didático neste capítulo. Além disso, dois desses grupos, o das substâncias iônicas e o das substâncias moleculares têm grande relevância no estudo da vida.

Tabela 1 Exemplos de substâncias que tipicamente se incluem nos grupos de substâncias iônicas, moleculares e metálicas e algumas de suas propriedades.

Substância	Fórmula da substância	Temperatura de fusão (°C)	Conduz corrente elétrica se	
			sólida?	líquida?
Substâncias iônicas				
Cloreto de lítio	LiCl	610	Não	Sim
Brometo de potássio	KBr	734	Não	Sim
Cloreto de sódio	NaCl	801	Não	Sim
Óxido de alumínio	Al_2O_3	2.053	Não	Sim
Óxido de magnésio	MgO	2.825	Não	Sim
Substâncias moleculares				
Etanol	C_2H_6O	–114	Não	Não
Cloro	Cl_2	–102	Não	Não
Água	H_2O	0	Não	Não
Iodo	I_2	114	Não	Não
Glicose	$C_6H_{12}O_6$	150	Não	Não
Substâncias metálicas				
Alumínio	Al	660	Sim	Sim
Prata	Ag	962	Sim	Sim
Ouro	Au	1.064	Sim	Sim
Ferro	Fe	1.538	Sim	Sim
Platina	Pt	1.768	Sim	Sim

Fonte consultada: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Ao docente, é oportuno esclarecer que esses três casos estudados no Ensino Médio representam casos idealizados. O triângulo de van Arkel-Ketelaar (Fig. 1) é uma representação possível para ilustrar que a ligação entre átomos de um mesmo elemento químico ou de dois elementos químicos distintos pode apresentar características intermediárias entre três casos. No triângulo, a posição referente a determinada ligação é indicada por um ponto cujas coordenadas são assim atribuídas:

- na base do triângulo, pela média de eletronegatividade dos elementos envolvidos (se for substância simples, essa média corresponde à própria eletronegatividade do elemento, e, se for substância composta de dois elementos químicos, é a média aritmética simples das eletronegatividades desses elementos);
- na direção perpendicular à base, pela diferença de eletronegatividade dos elementos ligados (se for substância simples, essa diferença é nula e o ponto está localizado na base do triângulo, e, se for substância composta de dois elementos químicos, o ponto está tanto mais distante da base quanto maior for a diferença de eletronegatividade entre os dois elementos).

Assim, o extremo da ligação covalente ocorre na ligação entre átomos do elemento químico flúor na substância simples flúor, F_2, que corresponde ao vértice direito da base do triângulo. O extremo da ligação metálica ocorre no césio metálico, posicionado no vértice esquerdo da base (note que o frâncio, que em tese teria eletronegatividade inferior à do césio, é um elemento artificialmente sintetizado para estudos e que não aparece em substâncias rotineiramente empregadas em laboratórios, daí sua ausência no diagrama). O extremo da ligação iônica se dá entre os elementos de maior diferença de eletronegatividade do diagrama, o césio e o flúor, na substância fluoreto de césio, posicionada no vértice superior do triângulo.

Uma ligação cujo ponto esteja na região marcada com a palavra *covalente* apresenta caráter, constatado de modo experimental, **predominantemente covalente**. Analogamente, a região marcada como *metálica* é, de fato, onde estão representadas as ligações de caráter **predominantemente metálico**, e a região com a indicação *iônica* é onde estão representadas as ligações de caráter **predominantemente iônico**. O triângulo de van Arkel-Ketelaar possibilita ao docente perceber que as ligações abordadas no capítulo – iônica, covalente e metálica – são modelos idealizados. Uma dada ligação pode, em princípio, apresentar certa porcentagem de cada um dos três caráteres: iônico, covalente e metálico.

MODERNA

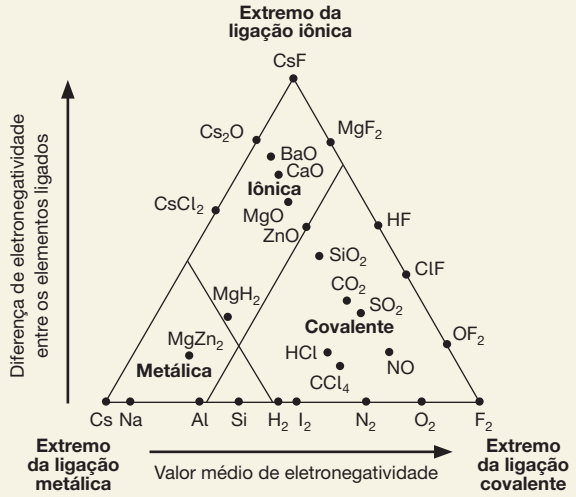


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

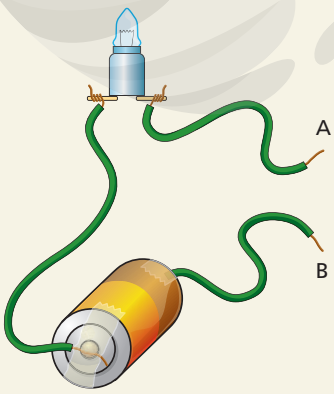
Figura 1 Triângulo de van Arkel-Ketelaar, representação explicada no texto, que evidencia que determinada ligação interatômica pode ter certa porcentagem de caráter iônico, covalente e metálico simultaneamente. As regiões demarcadas correspondem àquelas em que o caráter da ligação é predominantemente o indicado: metálica, covalente ou iônica.

Fontes consultadas: SPENCER, J. N. *et al. Chemistry, structure and dynamics*. 5. ed. Nova York: John Wiley, 2011; RAYNER-CANHAN, G.; OVERTON, T. *Descriptive Inorganic Chemistry*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2014.

Sugestão de atividade complementar

Em tese, os egressos do Ensino Fundamental 2 têm noções de que existem materiais condutores e materiais isolantes elétricos. Se você considerar, mediante uma sondagem prévia, que é necessária uma retomada, proponha aos estudantes a construção da montagem da Figura 2, elaborada com três fios flexíveis de cobre com as extremidades desencapadas, uma pilha de 1,5 V e um soquete com lâmpada compatível com essa tensão elétrica (ou LED equivalente apropriado para *dimmer*).

Tocando diferentes amostras com as extremidades A e B (a uma distância de cerca de 1 cm), pode-se verificar o acendimento ou não da lâmpada, caracterizando o material (nas condições do teste), respectivamente, como condutor ou não de corrente elétrica. Podem ser testados, entre outros, objetos de diferentes metais, amostras de açúcar, sal, água destilada, borracha escolar e plásticos variados.



REINALDO VIGNATI

Figura 2 Montagem para distinção experimental entre materiais que, nas condições do teste, são condutores ou isolantes elétricos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**

Neste capítulo, ao associar determinadas propriedades das substâncias ao tipo de ligação interatômica, pretende-se contribuir para o desenvolvimento da capacidade de "avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza" (BNCC, 2018, p. 553).

Incluem-se, nesses procedimentos e linguagens, a interpretação e elaboração de fórmulas que representem substâncias, considerando-se o tipo de ligação interatômica presente. De modo correlato, tem-se a expectativa de "promover a compreensão e a apropriação desse modo de 'se expressar' próprio das Ciências da Natureza pelos estudantes" (BNCC, 2018, p. 551-552).

Todo o capítulo também se relaciona à habilidade **EM13CNT205**, na medida em que seu estudo tornará os estudantes aptos a interpretar resultados e realizar previsões sobre fenômenos naturais (ligação entre átomos e composição de substâncias) e processos tecnológicos (aplicações de metais e ligas metálicas, por exemplo), reconhecendo que tais previsões inserem-se nos limites explicativos das ciências.

1. Gases nobres e regra do octeto

Nesse item, a apresentação da regra do octeto está vinculada à baixíssima tendência dos gases nobres a se combinarem quimicamente. A análise em sala de aula da Tabela 1 do Livro do Estudante, que apresenta a distribuição eletrônica em níveis de energia para esses elementos, é relevante para favorecer o entendimento.

Ressalte que, embora a regra do octeto tenha sua relevância histórica e auxilie a prever alguns casos referentes a ligações químicas, ela não explica por que os átomos se combinam. Além disso, há grande variedade de substâncias cujas ligações químicas não são previsíveis por essa regra.

Também é importante esclarecer o trecho do Livro do Estudante que diz que já foram produzidos em laboratório compostos de determinados gases nobres. A assertiva se refere a compostos como XeF_2, XeF_4, XeO_3, XeO_4, $XeOF_2$, XeO_3F_2, $XeOF_4$ e $NaXeO_6$.

O primeiro composto de gás nobre foi sintetizado por Neil Bartlett (1932-2008) em 1962, o hexafluoroplatinato de xenônio, $Xe[PtF_6]$. Compostos de xenônio são os mais estudados, seguidos pelos compostos de criptônio.

Embora possamos prever que a tendência a se combinar com outros elementos cresça de cima para baixo no grupo 18 (pois aumenta o tamanho da eletrosfera e, assim, os elétrons mais externos estão submetidos a uma menor atração nuclear efetiva), o estudo do radônio é bastante dificultado pelo fato de todos os seus isótopos serem radioativos e apresentarem meias-vidas relativamente curtas. O isótopo menos instável é o Rn-222, cuja meia-vida é 3,8 dias. Assim, não existem tantos compostos conhecidos dele quanto há de xenônio. O hélio, o neônio e o argônio são os gases nobres com menor reatividade, embora já tenham sido relatadas as detecções de espécies transientes de neônio e argônio.

MODERNA

2. Eletronegatividade

A apresentação do conceito de eletronegatividade a esta altura do capítulo é necessária para que, na sequência, seja possível aos estudantes compreender que o estabelecimento de uma ligação predominantemente iônica está vinculada à existência de uma diferença significativa de eletronegatividade, enquanto o estabelecimento de uma ligação predominantemente covalente se dá entre átomos de elementos químicos com eletronegatividades relativamente altas e não muito diferentes entre si.

O conceito de eletronegatividade foi proposto pelo estadunidense Linus Pauling (1901-1994), fundamentado na análise de valores de energia de ligação (energia necessária ao rompimento de uma ligação covalente, estando a molécula reagente e os fragmentos produzidos nessa ruptura em fase gasosa). O cientista percebeu, por exemplo, que a energia da ligação H—F é maior que a média aritmética da energia das ligações H—H e F—F. Ele atribuiu isso à existência de certa porcentagem de caráter iônico na ligação H—F decorrente de os átomos de hidrogênio e flúor atraírem os elétrons da ligação com diferentes intensidades. Ele também percebeu que a energia da ligação H—Cl é maior que a média aritmética da energia das ligações H—H e Cl—Cl e atribuiu esse acréscimo ao mesmo motivo. Analisando dados numéricos referentes a diversos casos como esses, Pauling propôs uma grandeza adimensional, a eletronegatividade, que se correlaciona matematicamente com o acréscimo da energia de ligação decorrente da atração não igualitária dos elétrons pelos dois átomos ligados. Diversas escalas de eletronegatividade já foram propostas, mas a de Pauling ainda é bastante útil para a apresentação introdutória das ligações interatômicas aos estudantes do Ensino Médio.

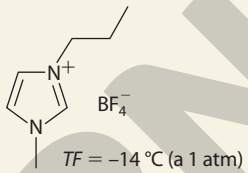
3. Ligação iônica

A apresentação da ligação iônica é feita utilizando o cloreto de sódio como exemplo. Não obstante seja possível formular compostos iônicos pensando em transferência de elétrons entre átomos neutros, a prática comum entre os químicos (e que se espera que seja incorporada pelos estudantes) é a de pensar na carga do cátion e na do ânion e, a partir delas, estabelecer a fórmula considerando a neutralidade elétrica do composto resultante. Note que esse é o raciocínio para o qual converge a discussão do Item 3.

Outros exemplos de compostos iônicos, além dos apresentados no livro, são $MgBr_2$ e Al_2S_3. Em um composto iônico, as cargas negativas e positivas se equilibram. Há muitos íons no cristal, mas a análise é facilitada pensando na proporção cátions **:** ânions. No $MgBr_2$ (1 **:** 2), as duas cargas positivas de cada Mg^{2+} são compensadas por duas cargas negativas de cada dois Br^-. E, no Al_2S_3 (2 **:** 3) as seis cargas positivas de cada dois íons Al^{3+} são compensadas por seis cargas negativas de cada três íons S^{2-}.

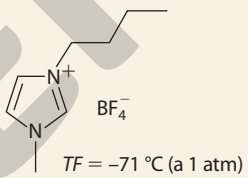
Esteja atento ao conceito incorreto, às vezes introduzido em níveis elementares do ensino, de que todas as substâncias seriam formadas por moléculas. Isso **não** é verdade, e esse capítulo possibilita modificar essa concepção errônea. Moléculas são agrupamentos (eletricamente neutros) de átomos unidos por ligações covalentes, e as substâncias que apresentam tais entidades são denominadas moleculares (estudadas no Item 4). As substâncias **iônicas** e as **metálicas**, portanto, **não** têm natureza molecular.

Uma informação relevante ao docente é a de que existem compostos iônicos líquidos nas condições ambientes (25 °C e 1 atm). Apresentam cátions e/ou ânions volumosos (e com certo grau de assimetria) constituídos de dois ou mais elementos com ligações covalentes entre eles. Aspectos entrópicos (no caso, dificuldade de acomodação dos íons em um retículo cristalino) são responsáveis pela baixa temperatura de fusão. Exemplos de líquidos iônicos nas condições ambientes e suas temperaturas de fusão (*TF*), a 1 atm, são:



TF = –14 °C (a 1 atm)

tetrafluoroborato de
1-propil-3-metilimidazólio



TF = –71 °C (a 1 atm)

tetrafluoroborato de
1-butil-3-metilimidazólio

Uma busca na internet por "líquidos iônicos" pode revelar informações sobre esse fascinante tema. Há líquidos iônicos empregados como solventes em processos industriais e alguns deles, devido à baixa toxicidade, são importantes opções (alternativas "verdes") a solventes tradicionais.

Dialogando com o texto

A intenção do *Dialogando com o texto* é exercitar a capacidade de consulta às distribuições eletrônicas (Item 6 do Capítulo 4, no Livro do Estudante) e/ou à tabela periódica e a subsequente elaboração de previsões.

A atividade permite concluir quais são as cargas, em ligação iônica, dos elementos apresentados: Li^+, K^+, Mg^{2+}, Ba^{2+}, Al^{3+}, N^{3-}, O^{2-}, S^{2-}, Br^- e I^-. Revise em sala o significado das notações 2+, 3+, 2− e 3− que aparecem sobrescritas à direita dos símbolos:

- 2+: duas cargas positivas, resultantes da perda de 2 elétrons pelo átomo neutro;
- 3+: três cargas positivas, resultantes da perda de 3 elétrons pelo átomo neutro;
- 2−: duas cargas negativas, resultantes do recebimento de 2 elétrons pelo átomo neutro;
- 3−: três cargas negativas, resultantes do recebimento de 3 elétrons pelo átomo neutro.

MODERNA

Aplicando conhecimentos

1 **a)** Ao grupo 18, que é o grupo dos gases nobres.

b) Esse estabelecimento envolve a camada mais externa da eletrosfera, denominada camada de valência.

c) É a regra do octeto, segundo a qual um átomo estará estável quando sua última camada possuir 8 elétrons (ou 2, caso se trate da camada K). Os átomos não estáveis se unem uns aos outros a fim de adquirir essa configuração de estabilidade.

2 **a)** O cálcio está no grupo 2 (metais alcalinoterrosos) e o oxigênio está no grupo 16 (calcogênios).

b) Ca^{2+} (o cálcio perde 2 elétrons e fica com 18, similar ao argônio); O^{2-} (o oxigênio recebe dois elétrons e também fica com 18, como o argônio).

3 **a)** K^+; Br^-; KBr.

b) Ca^{2+}; Cl^-; $CaCl_2$.

c) Na^+; S^{2-}; Na_2S.

d) Mg^{2+}; O^{2-}; MgO.

4 K^+, Br^-, Cl^- e Na^+ são monovalentes e Ca^{2+}, O^{2-}, S^{2-} e Mg^{2+} são bivalentes.

5 **a)** Sim, pois Q^+ e R^- formam o composto QR.

b) Não, pois Q^+ e R^{2-} formam o composto Q_2R.

c) Não, pois Q^{2+} e R^- formam o composto QR_2.

d) Sim, pois Q^{2+} e R^{2-} formam o composto QR.

6 A interpretação da fórmula dada é:

$(Mg^{2+})_1\,(Al^{3+})_2\,(O^{2-})_x$

Há, na fórmula, 8 cargas positivas (dos cátions):

$1 \cdot (+2) + 2 \cdot (+3) = +8$

Como a carga total deve ser nula, deve haver 8 cargas negativas (dos ânions), o que é possível somente se x valer 4. Aproveitando essa atividade, estimule os estudantes a buscarem fotos do espinélio na internet a fim de conhecerem esse mineral.

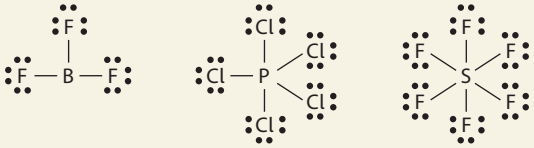
4. Ligação covalente

Neste item, o livro trabalha ligação covalente, o conceito de molécula e sua representação por meio de modelos de esfera e vareta, fórmulas moleculares, fórmulas eletrônicas e fórmulas estruturais.

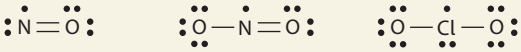
Ao abordar esse assunto, explique que, nos casos que podem ser previstos pela regra do octeto, o compartilhamento de elétrons propicia aos átomos atingir número de elétrons de valência igual ao de gás nobre, o que implica número total de elétrons na eletrosfera (incluindo os compartilhados) igual ao de gás nobre. Isso facilita a previsão da valência principal de um elemento representativo por comparação, na tabela periódica, entre ele e o gás nobre de número atômico mais próximo.

É conveniente, contudo, mencionar que existem muitos casos conhecidos de moléculas que não seguem a regra do octeto e que existem teorias científicas, estudadas no Ensino Superior, que possibilitam explicar a existência de tais moléculas. Entre os muitos casos não previstos pela regra do octeto, alguns muito conhecidos são as moléculas de BF_3, PCl_5, SF_6, NO, NO_2 e ClO_2.

No BF_3, o boro tem 6 elétrons na camada de valência, no PCl_5, o fósforo tem 10 elétrons na camada de valência e, no SF_6, o enxofre tem 12 elétrons na camada de valência:



Nas moléculas NO, NO_2 e ClO_2, um dos átomos tem 7 elétrons na camada de valência:



Ao trabalhar o tema ligação covalente, é importante apresentar a razão física de o compartilhamento eletrônico manter os átomos ligados. Quando os elementos A e B estabelecem uma ligação covalente A—B, a densidade de probabilidade de encontrar os elétrons compartilhados é elevada em uma região entre os núcleos, denominada região ligante (a probabilidade de encontrá-los é grande dentro de uma região determinada com uso da Mecânica Quântica chamada orbital molecular ligante).

Os núcleos de A e B se repelem devido às cargas elétricas de mesmo sinal. Também os elétrons de A e B não envolvidos nas ligações se repelem mutuamente. Ocorre que os elétrons do orbital ligante são atraídos pelos núcleos (e os atraem), devido às cargas de sinais opostos, o que resulta numa tendência de aproximação dos núcleos, não porque estes se atraiam, mas devido à interação com os elétrons ligantes. A distância de equilíbrio da ligação A—B é tal que as forças repulsivas são equilibradas pelas forças atrativas. Um pequeno deslocamento dos núcleos em relação a essa situação de equilíbrio faz com que haja predominância de uma das tendências envolvidas, atração ou repulsão. Um afastamento provoca predominância da força atrativa; uma aproximação, ao contrário, causa intensificação da repulsão. Assim, os núcleos podem oscilar ao redor de uma distância de equilíbrio, chamada **distância de ligação**, na qual há um compromisso entre atração e repulsão.

Ao trabalhar o tema, indague quais são, na opinião dos estudantes, as duas diferenças mais notáveis entre ligação iônica e ligação covalente. A expectativa é de que percebam que a ligação iônica se dá entre íons de cargas opostas (atração eletrostática entre eles) e essa interação acarreta, geralmente, formação de **retículo cristalino iônico**, nas condições ambientes. Já a ligação covalente pode se estabelecer entre átomos neutros e a estrutura resultante é uma **molécula**.

Sugestão de atividade complementar

Após trabalhar o Item 4, você pode propor que os estudantes, divididos em equipes, realizem a seguinte atividade: consultem a tabela periódica e procurem nela os elementos químicos F, Br, I, S, P, C e Si, a fim de determinar qual é o gás nobre com número de elétrons mais próximo do de cada um. Sugira também que incluam os elementos abordados no item (H, N, O e Cl). Quantos elétrons o átomo desses elementos

MANUAL DO PROFESSOR

deve compartilhar para atingir a estabilidade? Qual será a fórmula da molécula resultante da combinação de cada um desses elementos com o hidrogênio? Proponha, a seguir, que exponham suas conclusões ao restante da classe. Mais uma vez, a intenção é exercitar a consulta à tabela periódica e a execução de comparações. Espera-se que os estudantes concluam qual é o número de ligações covalentes esperadas (valência mais comum) para átomos de flúor, cloro, bromo e iodo (1); oxigênio e enxofre (2); nitrogênio e fósforo (3); carbono e silício (4).

Sugerimos que a atividade seja concluída com a elaboração, pelos estudantes, de um esquema sobre número de ligações que esses elementos fazem.

A seu critério, pode-se incluir na atividade uma investigação sobre moléculas em que esses elementos não estabelecem o número de ligações previsto, mas outras valências.

Julgando conveniente, você também pode propor uma atividade que possibilitará aos estudantes perceber que, a 25 °C e 1 atm, existem substâncias moleculares em fase sólida, líquida e gasosa. Proponha a eles que pesquisem a temperatura de fusão (*TF*) e a temperatura de ebulição (*TE*), a 1 atm, das substâncias mencionadas no texto do Item 4, na Figura 4 e na Tabela 3 do capítulo (Livro do Estudante) e, com base nesses valores, determinem em que fase cada uma delas se encontra, a 25 °C e 1 atm.

As substâncias citadas estão relacionadas a seguir, juntamente com a fase mais estável, a 25 °C e 1 atm. Os valores de *TF* e *TE* mencionados foram obtidos de HAYNES, W. M. (ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017. Esteja ciente de que pode haver certa discrepância nesses valores de uma fonte para outra.

Substâncias do Item 4:

- gás hidrogênio, H_2, fase gasosa (*TF* = −259 °C, *TE* = −253 °C);
- gás oxigênio, O_2, fase gasosa (*TF* = −219 °C, *TE* = −183 °C);
- gás nitrogênio, N_2, fase gasosa (*TF* = −210 °C, *TE* = −196 °C);
- gás cloro, Cl_2, fase gasosa (*TF* = −102 °C, *TE* = −34 °C);
- água, H_2O, fase líquida (*TF* = 0 °C, *TE* = 100 °C).

Substâncias da Figura 4:

- etano, C_2H_6, fase gasosa (*TF* = −183 °C, *TE* = −89 °C);
- eteno, C_2H_4, fase gasosa (*TF* = −169 °C, *TE* = −104 °C);
- etino, C_2H_2, fase gasosa (temperatura de sublimação = = −85 °C);
- etanol, C_2H_6O, fase líquida (*TF* = −114 °C, *TE* = 78 °C);
- ácido acético (ou etanoico), $C_2H_4O_2$, fase líquida (*TF* = 17 °C, *TE* = 118 °C).

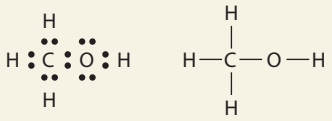
Substâncias da Tabela 3:

- gás flúor, F_2, fase gasosa (*TF* = −220 °C, *TE* = −188 °C);
- bromo, Br_2, fase líquida (*TF* = −7 °C, *TE* = 59 °C);
- dióxido de carbono, CO_2, fase gasosa (temperatura de sublimação = −78 °C);
- sulfeto de hidrogênio, H_2S, fase gasosa (*TF* = −86 °C, *TE* = −60 °C);
- amônia, NH_3, fase gasosa (*TF* = −78 °C, *TE* = −33 °C);
- metano, CH_4, fase gasosa (*TF* = −182 °C, *TE* = −162 °C);
- hidrazina, N_2H_4, fase líquida (*TF* = 1,5 °C, *TE* = 113,6 °C).

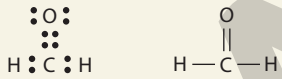
Atividade em grupo

As substâncias A, B e C se chamam, respectivamente, metanol (ou álcool metílico), metanal (ou formaldeído) e ácido metanoico (ou ácido fórmico).

Ⓐ CH_4O



Ⓑ CH_2O



Ⓒ CH_2O_2

Em linhas gerais, a expectativa é que os estudantes descubram, entre outras, as informações sumariadas a seguir.

O metanol (CH_3OH) é um líquido inflamável e de toxicidade aguda. Causa danos a olhos, pele, sistema respiratório, sistema nervoso central e sistema digestório. A ingestão, ainda que em pequenas quantidades (30 mL a 100 mL), pode causar cegueira e morte. Doses não letais podem provocar náuseas, vômitos, dor de cabeça, dores abdominais, perturbações visuais (visão embaçada, sensibilidade à luz e cegueira) e depressão do sistema nervoso central. A inalação causa irritação da mucosa nasal, sonolência e efeitos similares aos da ingestão. Vapores fazem os olhos lacrimejarem e provocam irritação. É absorvível através da pele, em quantidades suficientes para serem tóxicas e até letais.

O metanal (CH_2O) costuma ser comercializado em solução aquosa (cerca de 37% de metanal) conhecida como formol ou formalina. É um líquido volátil cujos vapores têm odor penetrante e provocam grave irritação nos olhos e nas vias respiratórias, lesão nas mucosas e dificuldade para respirar. Ingerido ou inalado, provoca vômitos hemorrágicos, dor abdominal, danos aos rins e morte. Inalação ou contato com pele e olhos pode desencadear processos alérgicos que, em determinados casos, chegam a ser fatais.

O ácido metanoico (HCOOH) é um líquido inflamável, tóxico e de elevado poder corrosivo sobre pele, mucosas e olhos. Se inalado, irrita as vias respiratórias, causando inflamação, espasmos de laringe e brônquios e edema pulmonar. O vapor é irritante da pele e dos olhos.

Metanol, metanal e ácido metanoico não devem ser mantidos ou utilizados em instalações escolares de Ensino Médio. Profissionais que os utilizam devem usar equipamento de proteção individual (que inclui luvas, óculos de segurança e avental) e não ter contato com esses produtos, nem ingeri-los ou inalar seus vapores. O armazenamento e a utilização devem ser longe de calor, faíscas elétricas, chamas e superfícies quentes.

MODERNA

Estimule os estudantes a buscarem, em sua investigação, gráficos, esquemas, imagens, vídeos, simuladores e outros recursos digitais que possibilitem explicar a toxicidade desses compostos, seus efeitos no organismo e as medidas de segurança necessárias.

A seu critério, amplie esta atividade para a elaboração de um vídeo por meio do qual os estudantes compartilhem com a comunidade o que aprenderam.

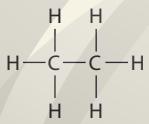
De olho na BNCC

- **EM13CNT104**
- **EM13CNT306**
- **EM13CNT303**

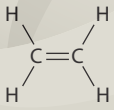
A *Atividade em grupo*, comentada anteriormente, propicia o desenvolvimento de algumas das habilidades constantes da BNCC: **EM13CNT104**, já que é necessário avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais, no caso metanol, metanal e ácido metanoico (relevantes para laboratórios e indústrias, mas muito perigosos para utilização cotidiana), posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais para seus usos responsáveis (cuidados que os profissionais que os utilizam devem ter no manuseio); **EM13CNT306**, já que é necessário avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental (o que, no caso, refere-se à conscientização de que não se deve manipulá-los, em função da toxicidade e demais riscos envolvidos); **EM13CNT303**, pois é preciso 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 (o que, no caso, se aplica às duas atividades mencionadas).

Aplicando conhecimentos

7 (A)

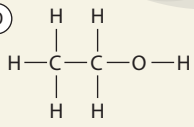


(B)

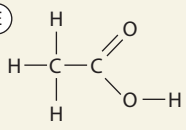


(C)

(D)



(E)



8 Nas moléculas mencionadas, os átomos de hidrogênio, flúor, cloro, bromo e iodo têm valência 1, os de oxigênio e enxofre têm valência 2, os de nitrogênio têm valência 3 e os de carbono têm valência 4.

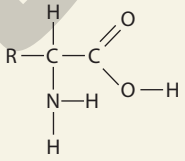
9 **a)** De modo geral, quando a diferença de eletronegatividade entre átomos com alta tendência a atrair elétrons envolvidos em uma ligação é menor que 1,7, o caráter da ligação tende a ser predominantemente covalente. Consultando a Tabela 2 do capítulo, no Livro do Estudante, verifica-se que a eletronegatividade do elemento químico oxigênio (O) é 3,5, a do elemento químico nitrogênio (N) é 3,0 e a do elemento químico hidrogênio (H) é 2,1. Assim, a diferença de eletronegatividade entre:

- N e N (na hidrazina e no gás nitrogênio) é zero;
- N e H (na hidrazina) é 0,9;
- O e O (no peróxido de hidrogênio) é zero;
- O e H (na água e no peróxido de hidrogênio) é 1,4.

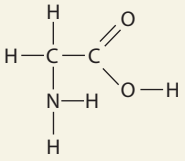
Assim, como essas diferenças são inferiores a 1,7, é esperado que as ligações interatômicas nas moléculas das substâncias em questão sejam todas de caráter predominantemente covalente.

b) $N_2H_4 + 2H_2O_2 \rightarrow 4H_2O + N_2$

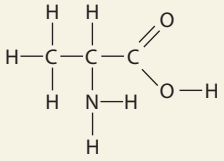
10 A fórmula estrutural genérica, que se pode deduzir do modelo molecular apresentado, é:



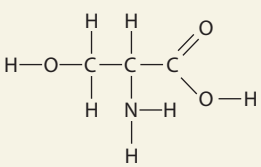
A fórmula estrutural da glicina (em que o grupo —R é —H) é:



A fórmula estrutural da alanina (em que o grupo —R é $-CH_3$) é:



A fórmula estrutural da serina (em que o grupo —R é $-CH_2-OH$) é:



5. Ligação metálica

Em princípio, os estudantes devem ter, devido à formação pregressa, compreensão de que os metais apresentam boa condutividade elétrica e térmica (veja, por exemplo, a habilidade **EF07CI03** da BNCC, que deve ter sido desenvolvida no 7º ano).

A BNCC afirma que "no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia" e menciona, como exemplo, "realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais" (BNCC, 2018, p. 549). Assim, indo ao encontro dessa determinação, o item trabalha a ligação metálica. Ela é abordada apresentando-se um modelo criado na primeira metade do século XX e aprimorado subsequentemente por meio da Mecânica Quântica, o qual envolve a ideia de que alguns elétrons têm mobilidade pelo cristal metálico. Esse modelo possibilita explicar qualitativamente propriedades como as altas condutividades elétrica e térmica, o brilho metálico e as elevadas maleabilidade e ductilidade (também grafada como ductibilidade).

"Uma teoria dos metais em que elétrons de valência são considerados como tendo livre movimentação sob influência do campo [elétrico] de íons foi desenvolvida pelo físico alemão Hendrik Antoon Lorentz [1853-1928] e, em uma formulação quântica, pelo físico austríaco Wolfgang Pauli [1900-1958]." (PAULING, L. *General Chemistry*. Nova York: Dover, 1970. p. 588. Tradução dos autores.)

"Lorentz propôs uma teoria dos metais que explica de modo qualitativo algumas de suas propriedades características e que foi extensivamente desenvolvida [...] por meio da Mecânica Quântica. [...] Essa teoria de elétrons livres provê uma explicação simples do brilho e de outras propriedades ópticas dos metais, das altas condutividades elétricas e térmicas, das elevadas entropias e capacidades térmicas molares e de algumas outras propriedades." (PAULING, L. *The Nature of Chemical Bonding*. 3. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1960. p. 393. Tradução dos autores.)

A abordagem das ligas metálicas, ao final do item, possibilita a retomada da sondagem de concepções prévias sugerida na abertura deste capítulo. Retome em sala as respostas dos estudantes sobre como pensavam ser as ligações entre os átomos em um pedaço de aço e incentive-os a criticá-las e reformulá-las, a fim de incorporar o que foi aprendido.

6. Influência das ligações interatômicas em algumas propriedades físicas das substâncias

Após os estudantes conhecerem as ligações iônica, covalente e metálica, é possível, neste item, uma abordagem comparativa de propriedades de substâncias tipicamente iônicas, moleculares e metálicas.

As ligações químicas podem ser classificadas fundamentalmente em interatômicas e intermoleculares. As primeiras, tema desse capítulo, se subdividem em iônica, covalente e metálica, que dão origem a grupos de substâncias que, tipicamente, apresentam algumas semelhanças. No caso de a ligação interatômica ser covalente, a substância é constituída de moléculas que, por sua vez, interagem entre si (principalmente nas fases sólida e líquida) por meio de ligações intermoleculares.

No Capítulo 3, os estudantes tomaram contato com as mudanças de fase e seus nomes. Também viram que, a determinada pressão fixa, a temperatura permanece constante quando uma substância pura muda de fase, e que temperaturas de fusão e de ebulição são propriedades características das substâncias químicas. Neste ponto do Capítulo 9, os estudantes passam a ser capazes de explicar as mudanças de fase com base em modelos de constituição submicroscópica.

Ao educador, é oportuno um comentário sobre condutividade elétrica de substâncias moleculares puras. Nas condições ambientes, elas não têm condutividades apreciáveis, pelos motivos apresentados no Livro do Estudante. Contudo, se submetidas a baixas pressões e elevadas tensões elétricas, podem se ionizar, passando a **plasma** e conduzindo corrente elétrica. É isso que ocorre nos tubos de raios catódicos.

A discussão sobre a física de plasmas pode ser objeto de comentário pelo professor ou, se julgar conveniente, de atividades de investigação sobre o funcionamento dos dispositivos que nele se baseiam. Aos educadores, recomenda-se, como fonte de subsídios, a seguinte dissertação de mestrado e as referências nela contidas: VENCESLAU, G. M. *Física de plasma no Ensino Médio*. Brasília: UnB, 2015. Tese disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/22593/3/2015_GustavoMulimVenceslau.pdf>, acessado em: jan. 2020; caso esse endereço tenha mudado, busque por título e autor.

Atividade em grupo

Nesta atividade, divididos em equipes, os estudantes poderão aplicar noções adquiridas a respeito de relações entre ligações químicas e propriedades das substâncias a fim de avaliar aplicações de substâncias em determinadas situações específicas. Espera-se que, no encaminhamento, os estudantes citem aspectos como os listados a seguir.

1. A aplicação do ouro em artefatos, desde a Antiguidade, fundamenta-se no fato de esse material apresentar elevadas ductilidade e maleabilidade. Além disso, a baixa tendência à oxidação também é relevante, posto que implica durabilidade ainda que o metal esteja submetido a condições de umidade, salinidade e contato com oxigênio.
2. Fios elétricos devem ser feitos de material condutor elétrico revestido de outro material, este isolante elétrico. Nas instalações elétricas de residências são usados fios de cobre. Como o cobre é um me-

EM OBRA

tal, tais fios são condutores elétricos. Os plásticos usados para revestir os fios são substâncias moleculares não condutoras de corrente elétrica. São denominados isolantes elétricos. O papel desempenhado por esse revestimento plástico é justamente impedir que um fio metálico toque outro ou que as pessoas encostem diretamente na parte condutora. Em ambos os casos, as consequências seriam perigosas, tais como curto-circuito e choque elétrico. Nem todos os polímeros podem ser empregados na parte externa dos fios. Para essa aplicação, eles devem ter determinadas características, como não serem condutores elétricos (pois existem alguns polímeros que são condutores elétricos) nem facilmente inflamáveis.

3 O concreto armado utiliza vergalhões de aço (liga ferro-carbono), sendo esse componente resistente à tração, ao passo que o concreto (feito por mistura de cimento, areia, brita e água) é resistente à compressão. Assim, o concreto armado é material estrutural usado em Engenharia Civil porque, simultaneamente, apresenta resistência à tração e à compressão (vigas, colunas, arcos etc.). Além disso, os estudantes terão a oportunidade de descobrir que o coeficiente de dilatação linear do aço usado é similar ao do concreto, o que significa que se dilatam, no aquecimento, e se contraem, no resfriamento, de modo conjunto, evitando trincas estruturais decorrentes de variações térmicas.

4 Uma parte bastante relevante da atividade diz respeito à condutividade elétrica da água. Devido à sua natureza molecular, a água pura, nas condições ambientes, apresenta condutividade elétrica extremamente baixa. Ao docente, cabe dizer que a água líquida contém pequenas concentrações de íons H_3O^+ e OH^- (que, a 25 °C, valem $1 \cdot 10^{-7}$ mol/L), provenientes da autoionização da água. Esses íons são responsáveis por uma condutividade elétrica muitíssimo reduzida, mas de mensuração possível com equipamento adequado. A condutividade elétrica da água pura (a 25 °C e 1 atm) vale $5{,}50 \cdot 10^{-8}\ \Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$. Já a condutividade de uma solução aquosa 0,1 mol/L de NaCl (a 25 °C e 1 atm) é $10{,}67\ \Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$, ou seja, 194 milhões de vezes maior que a da água destilada! Ocorre que a água presente em nosso cotidiano não é pura, mas geralmente contém várias substâncias dissolvidas, principalmente sais minerais. Muitos dos solutos presentes têm seus íons dissociados, o que faz a solução ser condutora elétrica. Daí se justificam os cuidados comentados no Item 4 da atividade, no Livro do Estudante. O que se espera que os estudantes descubram em sua pesquisa e salientem no vídeo produzido é a existência de íons dissolvidos em meio aquoso, que tornam a solução condutora de corrente elétrica e, portanto, potencialmente perigosa se cair em equipamentos elétricos e eletrônicos.

A elaboração dos vídeos para compartilhar o conhecimento científico com a comunidade favorece o comprometimento dos estudantes com a atividade e o domínio das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

De olho na BNCC

- **EM13CNT307**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT306**
- **EM13LP17**

A *Atividade em grupo* contribui para desenvolver algumas habilidades da BNCC: **EM13CNT307**, pois envolve analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (no caso, cotidianas, arquitetônicas e tecnológicas) e/ou propor soluções seguras considerando seu contexto local e cotidiano (no caso, precauções com a água e a energia elétrica); **EM13CNT301**, pois requer interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para justificar conclusões sob uma perspectiva científica; **EM13CNT306**, pois aprender que é necessário evitar contato da água com tomadas elétricas, fios elétricos sob tensão e equipamentos elétricos e eletrônicos auxilia no desenvolvimento da habilidade de 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, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos; e **EM13LP17**, pois estimula a elaboração de roteiros para a produção de vídeos variados, para ampliar as possibilidades de produção de sentidos e engajar os estudantes em práticas autorais e coletivas.

Aplicando conhecimentos

11 Uma resposta possível é: "existem substâncias químicas formadas por moléculas, chamadas substâncias moleculares, mas existem também substâncias não constituídas de moléculas, como é o caso das substâncias iônicas e das substâncias metálicas".

12 Espera-se que os estudantes mencionem brilho metálico característico, elevada condutividade elétrica e térmica, alta maleabilidade (facilidade de transformação em lâminas) e ductilidade (facilidade de transformação em fios).

13 O ouro (Au) é substância metálica e o iodo (I_2) é molecular. A previsão é, portanto, que o ouro apresente maior temperatura de fusão. Para conferir a previsão feita, você pode apresentar as temperaturas de fusão (a 1 atm) do ouro e do iodo que são, respectivamente, 1.064 °C e 114 °C (cf. HAYNES, W. M. (ed.). Op. cit.).

14 O HBr (brometo de hidrogênio) é uma substância molecular e o KBr (brometo de potássio) é uma substância iônica. Espera-se, portanto, que a temperatura de fusão do KBr seja maior. Para verificar a validade da previsão, apresente as temperaturas de fusão (a 1 atm) do HBr e do KBr que são, respectivamente, −87 °C e 734 °C (cf. HAYNES, W. M. (ed.). Op. cit.).

15 Zinco sólido, Zn (s): **A**; cloreto de sódio sólido, NaCl (s): **B**; água líquida, H_2O (l): **G**; dióxido de carbono gasoso (gás carbônico), CO_2 (g): **C**; dióxido de carbono sólido (gelo-seco), CO_2 (s): **E**; gás hélio, He (g): **F**; gás cloro, Cl_2 (g): **D** e bromo líquido, Br_2 (l): **H**.

EM MODERNA

CAPÍTULO 10 Fundamentos dos compostos orgânicos

Metas do capítulo

- Compreender fórmulas estruturais de compostos orgânicos, inclusive em suas variantes parcialmente condensada e totalmente condensada.
- Interpretar fórmulas estruturais com linhas e ser capaz de elaborá-las a partir da respectiva fórmula estrutural ou, inversamente, de elaborar a fórmula estrutural a partir da fórmula estrutural com linhas.
- Identificar e representar a cadeia carbônica de um composto orgânico a partir de sua fórmula estrutural.
- Classificar os átomos de carbono de uma estrutura orgânica em primários, secundários, terciários e quaternários.
- Saber o que é um heteroátomo e perceber que ele, dependendo das circunstâncias, pode ou não pertencer à cadeia carbônica de um composto orgânico.
- Reconhecer a presença de anel benzênico na fórmula estrutural de uma substância orgânica.
- Compreender os principais termos empregados para designar atributos de uma cadeia carbônica.
- Reconhecer a presença, em uma fórmula estrutural, de indicações estereoquímicas referentes a átomos saturados de carbono.
- Reconhecer o que é um polímero e saber que ele pode ser obtido por meio de uma reação de polimerização na qual o reagente é denominado monômero.

Sugestões didáticas e comentários

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

Uma das importantes metas do estudo de Ciências da Natureza é capacitar os estudantes – antes de mais nada, cidadãos – a buscar e compreender informações científicas e tecnológicas relevantes. O estudo deste capítulo possibilitará a eles a compreensão de fórmulas estruturais encontradas em livros técnicos, enciclopédias e páginas da internet, propiciando autonomia na busca de informações referentes à Química, em sua utilização e transformação em conhecimento.

A foto de abertura apresenta bolinhos de acarajé recheados de vatapá, importante contribuição africana para a culinária nacional. A legenda da foto e o texto da página inicial do capítulo mencionam alguns dos muitos nutrientes presentes nesse alimento, que são representados por fórmulas estruturais simplificadas com linhas na lateral da página. Algumas perguntas são formuladas no final do texto e sugerimos que você as proponha em sala de aula e estimule os estudantes a responder em voz alta e a registrar as respostas no caderno. As perguntas são: Por que (embora sejam substâncias orgânicas) não há o símbolo do carbono em nenhuma dessas representações? O que são os traços em ziguezague? O que significa o hexágono com um círculo, na representação da riboflavina? Mediante as respostas dos estudantes a essas perguntas, você poderá sondar concepções prévias acerca dessas representações. Registre-as e aproveite-as para o desenvolvimento do capítulo. Ao final do capítulo, retome com eles as respostas, estimulando-os a reformulá-las.

Esteja atento a manifestações comuns de ansiedade de estudantes perguntando se precisam memorizar as fórmulas estruturais apresentadas. Explique a eles que isso não é necessário, e que a meta central do capítulo é capacitá-los a interpretar essas informações, compreendendo o significado das representações envolvidas, o que possibilitará que acessem informações em fontes variadas sobre Química e tenham condições de compreenderem essas informações. Para citar a Base Nacional Comum Curricular, "vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente" (BNCC, 2018, p. 551).

Assim, no tocante à interpretação de fórmulas estruturais, ao reconhecimento de atributos das cadeias carbônicas e à terminologia empregada no capítulo, é conveniente ponderar que: "Diante da diversidade dos usos e da divulgação do conhecimento científico e tecnológico na sociedade contemporânea, torna-se fundamental a apropriação, por parte dos estudantes, de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de letramento científico necessário a todo cidadão" (BNCC, 2018, p. 551). Além disso, a escola deve possibilitar aos estudantes "conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos" (BNCC, 2018, p. 467).

Considerando o arcabouço conceitual relativo a esse capítulo, a aquisição da capacidade de se expressar por meio da utilização de representações científicas e termos técnicos deve ser valorizada nesse processo, pois, conforme a BNCC, o Ensino Médio deve "promover a compreensão e a apropriação desse modo de 'se expressar' próprio das Ciências da Natureza pelos estudantes", cujo texto ainda acrescenta que isso significa garantir "o envolvimento em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico" (BNCC, 2018, p. 551-552). Nesse sentido, a atividade de divulgação científica proposta na *Atividade em grupo* do Item 6 do capítulo representa um passo importante, entre outros aspectos, para desenvolver essa capacidade de expressão e para garantir o engajamento ativo e o protagonismo na aquisição e divulgação do conhecimento científico.

É importante também que o docente perceba que a atividade de divulgação científica proposta cumpre relevante papel referente à Competência Geral 3 da área de Ciências da Natureza, na medida em que possibilita aos estudantes "avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas

EM MODERNA

implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza" (BNCC, 2018, p. 553).

1. Representação de moléculas orgânicas

Esse item pode ser desenvolvido em sala a partir dos exemplos apresentados no livro. As fórmulas estruturais de butano (componente do gás de cozinha) e do etanol (combustível automotivo) possibilitam apresentar fórmulas estruturais parcialmente condensadas (que omitem os traços de ligação C—H) e totalmente condensadas (que omitem os traços de ligação entre carbonos, sejam elas simples, duplas ou triplas). Essas representações podem ser apresentadas como decorrentes da necessidade de buscar uma maneira mais enxuta e que facilite a escrita e a interpretação. Comente que a fórmula totalmente condensada, embora seja mais econômica, nem sempre é a melhor, pois dificulta a percepção se a ligação entre dois carbonos é simples, dupla ou tripla.

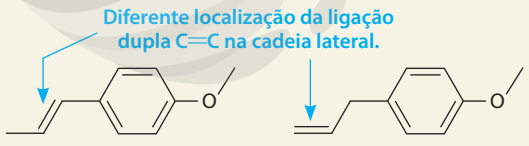
As estruturas do ciclopropano, do éter dietílico (ou etoxietano) e da vanilina são boas escolhas para, conforme indicado no texto, introduzir a simplificação utilizando linhas. Além disso, a comparação entre duas representações distintas para a metionina e também para a lisina, feita nesse item, bem como a comparação com os modelos moleculares, possibilitam a percepção de que as fórmulas estruturais são representações que não visam a expressar a forma tridimensional das moléculas, mas sim quantos e quais são os átomos constituintes da molécula e de que maneira estão ligados uns aos outros.

Dialogando com o texto

Ao comparar cada um dos modelos moleculares (da metionina e da lisina) com as respectivas fórmulas estruturais, espera-se que os estudantes concluam, em resposta à pergunta formulada na atividade, que as cores empregadas na representação em questão são: preto – carbono; cinza – hidrogênio; vermelho – oxigênio; azul – nitrogênio; amarelo-alaranjado: enxofre. Aproveite para salientar aos estudantes que essas cores são **meramente ilustrativas** e que as representações em questão são modelos moleculares, retomando o conceito de **modelo científico** trabalhado no capítulo 4.

Atividade em grupo

As fórmulas estruturais às quais se espera que os estudantes cheguem em sua pesquisa são:



anetol estragol

Em resposta às perguntas formuladas na atividade, espera-se que a discussão em grupo permita que os estudantes concluam que a diferença é a localização de uma dupla ligação entre átomos de carbono da cadeia lateral de três carbonos. No anetol (do latim *anisum*, erva-doce), a ligação dupla não está posicionada na extremidade da cadeia e, no estragol (do francês *estragon*, nome da planta da qual se obtém o condimento estragão), a ligação dupla situa-se na extremidade.

A expectativa é de que as equipes deduzam que as duas substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, $C_{10}H_{12}O$. Em função disso, diante da última indagação da atividade (A fórmula molecular, isoladamente, é suficiente para designar de modo inequívoco essas substâncias?), espera-se que os estudantes concluam que não. O exemplo em questão possibilita perceber que a fórmula molecular apresenta apenas quantos são os átomos presentes na molécula e de quais elementos químicos são esses átomos. Assim, existe a possibilidade de diferentes maneiras de ligação entre um mesmo número de átomos. A fórmula estrutural fornece informações mais detalhadas que a fórmula molecular, sendo que esta última nem sempre é suficiente para designar, de maneira unívoca (sem ambiguidade), o composto a que se refere.

Tenha em mente que atividades como essa devem ser estimuladas para realização em grupo porque é um dos deveres da educação básica "promover a aprendizagem colaborativa, desenvolvendo nos estudantes a capacidade de trabalharem em equipe e aprenderem com seus pares" (BNCC, 2018, p. 465).

Aplicando conhecimentos

1 A interpretação das fórmulas apresentadas permite concluir que as respectivas fórmulas moleculares são:

A. $C_5H_{12}O$
B. $C_5H_{10}O$
C. C_5H_8O
D. $C_6H_{14}O$
E. $C_8H_{10}O$
F. $C_8H_{14}O$
G. $C_6H_{10}O$
H. $C_6H_{12}O$
I. $C_6H_{10}O$

Assim, concluímos que têm mesmo número de átomos de carbono:

- **A**, **B** e **C**, com 5 átomos de carbono em cada;
- **D**, **G**, **H** e **I**, com 6 átomos de carbono em cada; e
- **E** e **F**, com 8 átomos de carbono em cada.

2 A molécula **A** apresenta 12 átomos de hidrogênio e a **B** apresenta 10. Assim, existem mais átomos de hidrogênio na molécula **A**.

3 A fórmula molecular de **I** é igual à de **G**, $C_6H_{10}O$.

4 A molécula **C** é a que tem menos átomos de hidrogênio: oito.

5 A fórmula molecular $C_6H_{10}O$ informa que a molécula é constituída de seis átomos do elemento químico carbono, dez do elemento químico hidrogênio e um do elemento químico oxigênio. Contudo, essa fórmula não mostra como esses átomos estão ligados. Como existem diversas possibilidades de esses átomos estarem ligados, gerando moléculas diferentes (por exemplo, as substâncias **G** e **I** referentes às atividades 1 a 4),

MODERNA

conclui-se que a fórmula molecular $C_6H_{10}O$ não é suficiente para identificar de modo inequívoco a substância presente no frasco.

6 A afirmação da estudante é correta, pois a fórmula molecular da teobromina é $C_7H_8N_4O_2$ e a da teofilina também.

2. Cadeia carbônica

Nesse item, o conceito de cadeia carbônica é apresentado aos estudantes. A molécula de limoneno é empregada para a apresentação inicial desse conceito, já que essa molécula não apresenta heteroátomos, sendo por isso um bom exemplo introdutório. Ampliar o conceito de cadeia carbônica para casos em que existem átomos de outros elementos químicos na molécula além de carbono e hidrogênio requer o entendimento do que seja um **heteroátomo**.

De acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), um heteroátomo é qualquer átomo existente em uma molécula orgânica que não seja do elemento químico carbono nem do elemento químico hidrogênio (*e. g.* FAVRE, H. A.; POWELL, W. H. *Nomenclature of Organic Chemistry: IUPAC recommendations and preferred names 2013*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014), conceituação também encontrada nos livros universitários de Química Orgânica (*e. g.* CAREY, F. A. *et al*. *Organic Chemistry*. 11. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2020).

Assim, podem ser classificados como heteroátomos, por exemplo, átomos dos elementos químicos flúor, cloro, bromo, iodo, oxigênio, enxofre, nitrogênio e fósforo. Ocorre que **nem todo heteroátomo faz parte da cadeia carbônica**, e o exemplo apresentado no livro – o antranilato de metila – possibilita ilustrar esse ponto: dos três heteroátomos existentes na molécula desse composto, apenas um faz parte de sua cadeia carbônica. Para que um heteroátomo possa ser **considerado parte da cadeia carbônica**, é necessário que estabeleça ao menos duas ligações covalentes, como é o caso dos átomos dos elementos O, S, N e P, e que esteja intercalado entre átomos de carbono da molécula orgânica.

O item também apresenta a classificação de carbonos de uma estrutura orgânica em primários, secundários, terciários e quaternários. Ao discutir essa classificação com os estudantes enfatize que, assim como outras classificações feitas em Ciências da Natureza, ela não é um fim em si mesma, mas um modo de facilitar a comunicação. Dominar termos como esses e outros apresentados no capítulo significa adquirir a capacidade de compreender informações presentes em diversas fontes, o que confere autonomia na aquisição do conhecimento.

3. Anel benzênico

Nesse item, apresenta-se a fórmula estrutural do benzeno simplificada por linhas, comenta-se a existência de ressonância nessa molécula e a possibilidade de representar o benzeno por meio de um hexágono regular com um círculo dentro dele. Essa apresentação é necessária para que os estudantes compreendam diferentes fórmulas estruturais em que existem um ou mais anéis benzênicos.

Ao docente, cabe ressaltar que o símbolo empregado para mostrar que existem duas ou mais estruturas de ressonância para um composto é ⟷. Este **não** deve ser confundido com o símbolo ⇌, que se destina ao uso em equações químicas que representam reações que podem se processar em ambos os sentidos e alcançar uma situação na qual a reação direta e a inversa ocorrem com a mesma rapidez, situação denominada equilíbrio químico.

A análise em sala da foto e da legenda da Figura 4 do Livro do Estudante é importante para que os estudantes conheçam os problemas causados pela inalação de vapores de gasolina, decorrentes da presença de benzeno e outros compostos tóxicos. Aproveite para comentar que os atendentes de postos de gasolina precisam usar equipamento de proteção individual (EPI) adequado e que devem ser orientados a não inalar vapores de combustível, inclusive com o uso de máscaras protetoras (parte do EPI) caso necessário.

Aproveite para salientar que, no mundo profissional, é importante ter consciência de que a ocorrência de acidentes de trabalho e lesões ocupacionais é uma possibilidade real. A **prevenção** é fundamental e somente é possível mediante formação apropriada, treinamento adequado e conscientização sobre a importância de respeitar todas as normas de segurança estipuladas para determinada atividade profissional.

De olho na BNCC

- **EM13CNT306**
- **EM13CNT104**

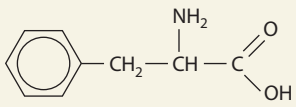
Os comentários sugeridos anteriormente visando à conscientização sobre os riscos do benzeno e da inalação de vapores de gasolina, bem como do respeito às normas de segurança profissional, vão ao encontro do desenvolvimento de algumas habilidades da BNCC: **EM13CNT306**, pois possibilitam aos estudantes avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas (no caso, estar próximo ao um automóvel em abastecimento), aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza para justificar o uso de equipamentos de segurança pelo frentista do posto, bem como comportamentos de segurança por parte desse profissional e dos clientes, visando à integridade física individual; e **EM13CNT104**, já que permitem avaliar os benefícios e os riscos à saúde, considerando a presença de benzeno na composição da gasolina e a toxicidade desse composto, e a percepção de que a inalação de vapores de gasolina causa exposição a esse composto, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para a utilização segura da gasolina no que diz respeito ao quesito toxicidade.

Atividade em grupo

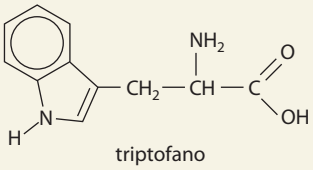
Nessa atividade, os estudantes são instigados a pesquisar a fórmula estrutural dos vinte aminoácidos comumente presentes em proteínas e verificar em quais deles existe anel benzênico. Espera-se que cheguem à conclusão de que, dentre eles, apenas três contêm anel benzênico – a fenilalanina,

EDIÇÃO DOCENTE

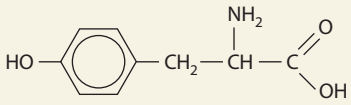
a tirosina e o triptofano –, cujas fórmulas estruturais são as seguintes:



fenilalanina



triptofano



tirosina

Também existe a expectativa de que os estudantes, seguindo a proposta da atividade, constatem, em sua pesquisa, que alguns aminoácidos são essenciais e devem estar presentes na alimentação humana porque não podem ser sintetizados pelo nosso metabolismo. Já outros não são considerados essenciais porque podem ser sintetizados pelo metabolismo humano a partir de aminoácidos essenciais ingeridos na dieta alimentar (Tabela 1).

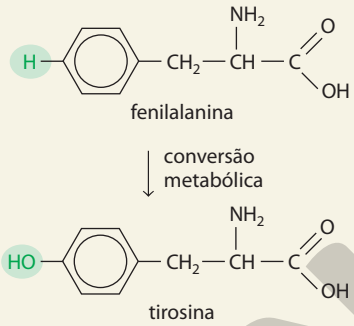
Tabela 1 Aminoácidos essenciais e não essenciais à espécie humana.

Essenciais	Não essenciais
fenilalanina	ácido aspártico
histidina	ácido glutâmico
isoleucina	alanina
leucina	arginina*
lisina	asparagina
metionina	cisteína*
treonina	glicina*
triptofano	glutamina*
valina	prolina*
	serina
	tirosina

* Necessários, em certa quantidade, para crianças e adolescentes em crescimento. O adulto saudável sintetiza quantidade suficiente para se manter.

Fonte: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 7. ed. Nova York: Freeman, 2017.

Dos três aminoácidos mencionados anteriormente que contêm anel benzênico, apenas a fenilalanina e o triptofano são considerados aminoácidos essenciais. A tirosina, ao contrário, não é um aminoácido essencial. Isso vai ao encontro da informação dada pela professora aos estudantes (caso relatado na atividade) de que o metabolismo humano pode, em certos casos, substituir um —H do anel benzênico por um grupo —OH. Espera-se que os estudantes, comparando a fórmula estrutural da fenilalanina com a da tirosina, percebam que a tirosina pode ser considerada proveniente da fenilalanina mediante a substituição de um hidrogênio do anel aromático do anel benzênico por um grupo —OH.



De olho na BNCC

- **EM13CNT301**

A *Atividade em grupo*, comentada anteriormente, auxilia no desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** da BNCC, pois relaciona-se a elaborar previsões com base na interpretação de informações e resultados experimentais para construir e justificar conclusões no enfrentamento de uma situação-problema sob uma perspectiva científica.

4. Atributos das cadeias carbônicas

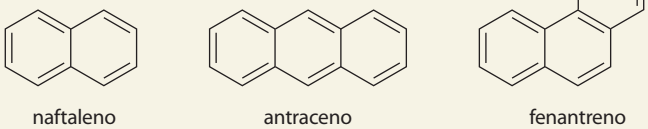
Este item apresenta os atributos mais relevantes das cadeias carbônicas, que aparecem nomeados no mapa conceitual da Figura 5 do Livro do Estudante. Aqui também, como mencionado anteriormente, é importante destacar que as terminologias científicas visam à facilitação da comunicação e não são um fim em si mesmas.

A título de exemplificação, além dos exemplos mostrados no item, você pode trabalhar com os estudantes a identificação das cadeias carbônicas dos compostos **A** até **I** referentes às atividades 1 a 4 do *Aplicando conhecimentos* (responsáveis pelo aroma dos tomates) e o reconhecimento de seus atributos.

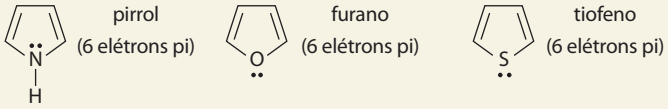
O livro não apresenta aos estudantes a classificação de uma cadeia fechada como aromática ou não aromática porque o conceito de aromaticidade envolve o conhecimento do que são elétrons pi (π). Para conhecimento do docente, apresentaremos aqui, brevemente, o conceito de aromaticidade. Na teoria de ligação de valência, uma das teorias da ligação química fundamentada na mecânica quântica, quando dois átomos estabelecem uma ligação covalente simples, esta é denominada ligação sigma. Se dois átomos estabelecem ligação dupla ou tripla, as ligações adicionais são denominadas ligações pi e os elétrons compartilhados no estabelecimento dessas ligações são chamados elétrons pi. Para ser considerado aromático, um composto deve apresentar molécula cíclica contendo nuvens eletrônicas

MODERNA

de elétrons pi deslocalizados acima e abaixo do plano da molécula, sendo o número desses elétrons pi igual a $4n + 2$ (em que $n = 1, 2, 3, \ldots$). Isso significa que, para a substância apresentar o grau de estabilidade característico de um composto aromático, apenas a deslocalização de elétrons devido à ressonância não é suficiente. É necessário um número particular de elétrons pi, como 2, 6, 10 e assim por diante. Essa condição, que recebe o nome de **regra de Huckel** — em alusão ao físico-químico alemão Erich Huckel (1896-1980) —, fundamenta-se na mecânica quântica e está relacionada ao preenchimento dos orbitais moleculares que constituem a nuvem eletrônica pi. Além do benzeno, outros exemplos de compostos orgânicos aromáticos são o naftaleno, o antraceno, o fenantreno e alguns compostos heterocíclicos em que um par eletrônico do heteroátomo faz parte da nuvem eletrônica pi, contribuindo para o total de $4n + 2$ elétrons pi, como é o caso do pirrol, do furano e do tiofeno.



naftaleno (10 elétrons pi) | antraceno (14 elétrons pi) | fenantreno (14 elétrons pi)

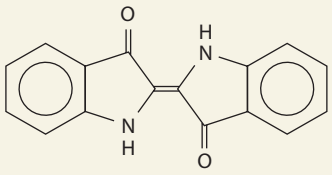


pirrol (6 elétrons pi) | furano (6 elétrons pi) | tiofeno (6 elétrons pi)

É justamente em função das dificuldades conceituais de compreender o que vem a ser um composto aromático que o capítulo não apresenta essa terminologia aos estudantes e, consequentemente, não apresenta a classificação das cadeias carbônicas em aromáticas ou não aromáticas. Deixamos a critério do docente, caso julgue oportuno, mencionar que a presença de anel benzênico faz com que a cadeia possa ser classificada como aromática, mas sua ausência não necessariamente significa que uma cadeia não seja aromática. Você pode comentar que o conceito de cadeia aromática é muito mais complexo do que a simples presença de anel aromático e é estudado na química de nível universitário. Julgando conveniente, pode apresentar as informações e os exemplos apresentados anteriormente.

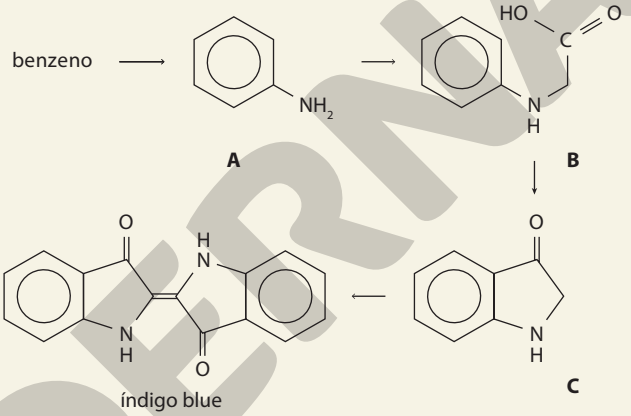
Atividade em grupo

A meta é instigar os estudantes a localizarem a fórmula estrutural do índigo blue, identificar a cadeia carbônica do composto e reconhecer seus atributos. A fórmula estrutural é apresentada a seguir e, a partir dela, espera-se que os estudantes concluam que é insaturada, heterogênea e cíclica ramificada. Caso você tenha comentado que a presença de anel benzênico permite classificar uma cadeia como aromática, espera-se que eles reconheçam a presença desse anel na molécula e classifiquem sua cadeia como aromática.



índigo blue

Se julgar conveniente, você pode mostrar aos estudantes a seguinte sequência de substâncias envolvidas na produção industrial do índigo blue e pode solicitar a eles que identifiquem atributos das substâncias representadas pelas fórmulas estruturais designadas por **A**, **B** e **C**. A cadeia carbônica de **A** é cíclica, insaturada e homogênea; a cadeia carbônica de **B** é cíclica, ramificada, insaturada e heterogênea; a cadeia carbônica de **C** é cíclica, insaturada e heterogênea.



índigo blue

Com relação a obtenção do índigo blue por via sintética, espera-se que os estudantes descubram, em sua investigação, que, pensando-se em larga escala de produção, ela é mais prática e barata do que a extração natural a partir da anileira. Isso possibilita a discussão de que o progresso do conhecimento químico tem permitido a produção de compostos de interesse de modo mais simples, menos poluente e sem implicar danos aos seres vivos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**

A *Atividade em grupo* sobre a produção do índigo blue contribui para trabalhar a habilidade **EM13CNT303** da BNCC, pois os estudantes devem, em sua pesquisa, interpretar textos de divulgação científica que tratem de temática de Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em fórmulas e equações químicas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, o que contribui para desenvolver estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

5. Estereoquímica do carbono saturado

Conforme comentado anteriormente, uma meta importante deste capítulo é capacitar os estudantes a compreenderem as representações usadas para as moléculas orgânicas em diversas fontes de informação. É nesse sentido que o Item 5 apresenta a estereoquímica do carbono saturado, já que se

MODERNA

trata de um tipo de notação que aparece com certa frequência nas fórmulas estruturais orgânicas existentes em diversas fontes de informação.

Não se espera que o estudante esteja apto a prever geometrias moleculares após o estudo do item, mas que seja capaz de compreender as representações estereoquímicas mostradas no Livro do Estudante.

Ao desenvolver o conteúdo desse item em sala de aula, aproveite as imagens da Figura 6 do Livro do Estudante e também o exemplo do ácido málico mostrado no livro. Encerrando essa parte do capítulo, incentive os estudantes a responderem às perguntas apresentadas ao final da página, acerca da interpretação da fórmula estrutural da riboflavina (vitamina B_2). Essas perguntas permitem aos estudantes verificar se entenderam os principais aspectos apresentados no capítulo até esse momento.

Aplicando conhecimentos

7 A fórmula estrutural **A**, que o enunciado informa ser do ácido acético, representa uma molécula constituída de dois átomos do elemento químico carbono, quatro do elemento químico hidrogênio e dois do elemento químico oxigênio, na qual os dois carbonos estão ligados entre si por ligação simples, um deles se liga a três hidrogênios e o outro estabelece uma ligação dupla com um oxigênio e uma ligação simples com outro oxigênio, este ligado também a um hidrogênio. Todas as demais fórmulas representam exatamente a mesma molécula descrita, portanto, também representam corretamente o ácido acético.

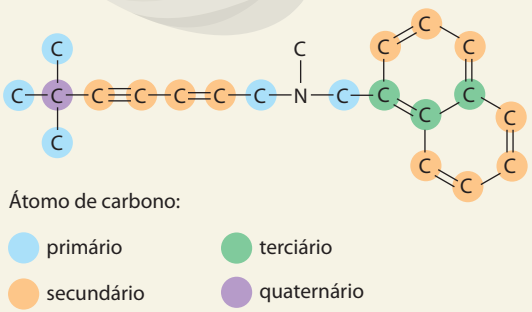
8 As fórmulas **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **G** e **H** representam a mesma substância, que, mediante uma busca na internet, os estudantes podem constatar que é o propeno. Já as fórmulas **C** e **I** representam outros compostos diferentes dele, pois o modo como os átomos estão ligados é diferente.

9 **a)** A substância presente em um medicamento que é responsável pela atuação terapêutica.

b) $C_{21}H_{25}N$

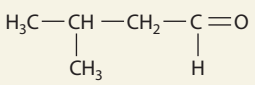
c) A cadeia carbônica do composto é constituída por 21 átomos do elemento químico carbono e 1 átomo do elemento químico nitrogênio (heteroátomo ligado a 3 átomos de carbono).

10 Espera-se que os estudantes elaborem algum esquema similar ao seguinte:



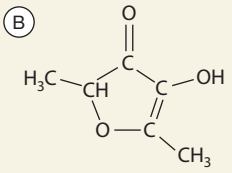
11 Cíclica ramificada, heterogênea, insaturada.

12 (A)



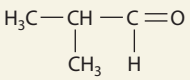
(frutado)

(B)



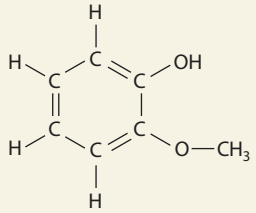
(caramelado)

(C)



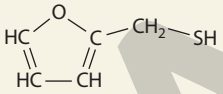
(floral)

(D)



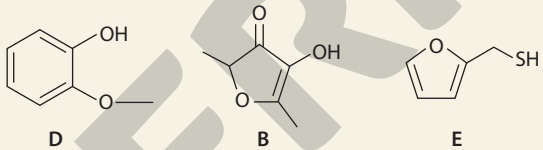
(picante)

(E)



(tostado)

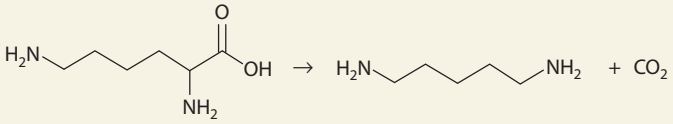
13 O composto **D** apresenta anel benzênico e os compostos **B** e **E** apresentam heterociclo:



D (apresenta anel benzênico)

B **E** (apresentam heterociclo)

14 Como se pode deduzir pelas estruturas apresentadas, a fórmula molecular da lisina é $C_6H_{14}N_2O_2$ e a da cadaverina é $C_5H_{14}N_2$. Então, é possível deduzir, pela conservação dos átomos, que o outro produto mencionado deve ter fórmula CO_2, ou seja, trata-se do dióxido de carbono. Portanto, a equação solicitada é:

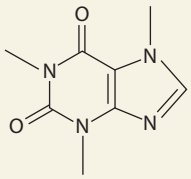


15 A representação indica que, considerando os quatro átomos de carbono da molécula no plano do papel, a ligação de um deles com o grupo OH está direcionada para a frente desse plano, o mesmo ocorrendo com a ligação entre outro dos átomos de carbono e o grupo NH_2.

Sugestão de atividade complementar

Após trabalhar as atividades 6, 12 e 13 das seções *Aplicando conhecimentos* deste capítulo, que envolvem a teobromina presente no chocolate e diversos compostos existentes no café, você pode propor aos estudantes que realizem uma pesquisa sobre a fórmula molecular da cafeína e sua interpretação:

MODERNA



cafeína

Chame a atenção dos estudantes para a semelhança estrutural entre a molécula de teobromina e a de cafeína (esta com 1 átomo de carbono e 2 átomos de hidrogênio a mais), da qual decorre certa similaridade de seus efeitos fisiológicos.

Sugira que os estudantes pesquisem o efeito da cafeína sobre nosso sistema nervoso central, com atenção especial aos prejuízos que podem decorrer do consumo em excesso, por exemplo, taquicardia (aumento da frequência de batimentos cardíacos). Isso possibilita compreender riscos associados ao consumo em excesso de bebidas energéticas com cafeína, consumo ao qual jovens podem ser incentivados e estar expostos em determinados ambientes. Você também pode propor que os estudantes, em equipes, elaborem vídeos de conscientização à população sobre os riscos que podem ser consequentes desse consumo.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT104**

A atividade proposta anteriormente, que possibilita conhecer os riscos do consumo exagerado de cafeína nas bebidas energéticas permite ao docente um trabalho com os estudantes referente a duas habilidades da BNCC: **EM13CNT207**, já que possibilita identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar; e, mais uma vez neste capítulo, **EM13CNT104**, pois os estudantes poderão avaliar os riscos à saúde considerando a composição e a toxicidade das bebidas em questão, posicionando-se criticamente quanto a seu consumo.

6. Polímeros

O item aproveita a fórmula estrutural do amido, indicada na abertura do capítulo, para apresentar os conceitos de polímero, monômero e reação de polimerização. Também comenta que existem polímeros naturais e polímeros artificiais, o que propicia um gancho para realização da *Atividade em grupo*, comentada a seguir.

Atividade em grupo

O que é proposto às equipes nesta atividade é a elaboração de um vídeo de divulgação científica. Essa modalidade de trabalho se insere no estudo de Ciências da Natureza, indo ao encontro do preconizado na BNCC, que afirma ser atribuição da escola possibilitar aos estudantes "apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos e apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização" (BNCC, 2018, p. 467).

O engajamento na produção desse tipo de vídeo gera comprometimento dos estudantes com a atividade e pretende motivar a busca por informações referentes aos polímeros, suas características, importância, produção e aplicabilidade no cotidiano. Procure despertar o interesse de cada um em conhecer a presença dos polímeros no cotidiano, sobre o que cabe lembrar que a "contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras" (BNCC, 2018, p. 549).

Estimule os estudantes a também investigarem a toxicidade dos polímeros e/ou de sua produção ou descarte incorreto, bem como a proporem soluções para os problemas decorrentes das tecnologias associadas aos polímeros, argumentando em favor de suas propostas. Valorize as iniciativas nesse sentido e ressalte, na discussão em sala, que as evoluções tecnológicas frequentemente trazem vantagens e desvantagens, o que torna necessária permanente atenção da sociedade aos prós e contras de todas as inovações tecnológicas.

De olho na BNCC

- **EM13CNT303**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT104**
- **EM13CHS304**

A *Atividade em grupo* proposta neste item permite desenvolver algumas habilidades da BNCC: **EM13CNT303**, pois os estudantes devem 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; **EM13CNT302**, porque devem comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de pesquisas, 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; **EM13CNT104**, já que é necessário 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; e **EM13CHS304**, no tocante a analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável.

MODERNA

CAPÍTULO 11 Estudo e aplicações dos vetores

Metas do capítulo

- Reconhecer as grandezas físicas escalar e vetorial.
- Compreender as diferenças conceituais entre os fenômenos de cada natureza.
- Conhecer e saber descrever as representações vetoriais gráficas e algébricas.
- Relacionar as características vetoriais (intensidade, direção e sentido) com os parâmetros dos fenômenos físicos.
- Conhecer as operações vetoriais e saber utilizá-las com as grandezas físicas vetoriais.
- Reconhecer movimentos bidimensionais e saber representá-los por vetores.
- Relacionar as funções horárias do MU e do MUV aos movimentos decorrentes de um lançamento oblíquo e de um lançamento horizontal.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo apresenta um problema que, muitas vezes, enfrentamos no cotidiano: encontrar um local sem o auxílio de instrumentos de localização, como um aplicativo de telefone celular ou um mapa de ruas.

Inicie uma discussão prévia com os estudantes levantando situações semelhantes vivenciadas por eles ou por pessoas conhecidas. Peça que exponham como o problema de se localizar e/ou chegar ao destino com informações imprecisas, como exemplificado no texto, foi solucionado.

A partir dessa conversa, explore os conceitos de direção e sentido com base nos pontos cardeais exemplificando posições e deslocamentos no plano cartesiano.

Questione se os estudantes conhecem alguns aplicativos digitais que disponham de GPS (Sistema de Posicionamento Global) e se o uso não estaria nos tornando acomodados, impedindo-nos de aprender a nos guiar por meio de referências naturais ou outras.

Para trabalhar a habilidade **EM13CNT201**, discuta sobre as origens do conceito de vetor de acordo com Fermat e Descartes e como o conceito evoluiu até o usado hoje com base na Matemática e na Física. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Física.

1. Grandezas escalares e grandezas vetoriais

Inicie a conceituação de vetores investigando se os estudantes possuem uma ideia clara sobre as diferenças entre uma grandeza escalar e uma grandeza vetorial.

Pode-se apresentar uma relação de grandezas escalares e vetoriais (sem ordem específica e sem mencionar o que é cada uma delas), pedir a eles que as classifiquem em escalar ou vetorial e anotar no quadro em duas colunas de forma que todos visualizem.

Sem mencionar a definição de cada grandeza, corrija os exemplos citados se for necessário. Peça a eles que identifiquem as características semelhantes entre as grandezas de cada grupo e aponte as diferenças. Note se as características básicas de grandezas vetoriais (intensidade, direção e sentido) estão presentes no rol apresentado pelos estudantes e inicie a conceituação formal de vetores e como representá-los.

Dessa forma, podem-se desenvolver os conceitos formais com base no conhecimento prévio dos estudantes e em exemplos do cotidiano, tornando o aprendizado mais significativo.

Um ponto importante na formalização do conceito de vetor é distinguir os conceitos de direção e de sentido de uma grandeza física vetorial. Após expor claramente a diferença formal entre estes conceitos, mostrando que, para cada direção, há dois sentidos, verifique a compreensão dos estudantes solicitando que deem exemplos. Por fim, proponha questionamentos para verificar se eles confundem os conceitos de direção e de sentido, como geralmente ocorre no cotidiano. Na linguagem científica, essa confusão não pode acontecer.

De olho na BNCC

- **EM13MAT302**
- **EM13MAT308**
- **EM13CHS101**
- **EM13CHS106**

Este capítulo possibilita o desenvolvimento das habilidades **EM13MAT302** e **EM13MAT308** ao construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º para resolver problemas em contextos diversos, na aplicação das relações métricas, com a finalidade de resolver problemas que envolvem triângulos, em variados contextos; **EM13CHS101** ao identificar vistas à compreensão de ideias filosóficas e de processos e eventos históricos; **EM13CHS106** ao utilizar representações gráfica de vetores e as noções explorando o equívoco relacionado ao sentido e direção para aplicação em diversos contextos como em traçar rotas adequadas.

2. Operações com grandezas vetoriais

A álgebra vetorial requer conhecimentos da trigonometria no triângulo retângulo para a realização de operações algébricas com vetores.

Contudo, pode-se obter um vetor resultante de operações vetoriais utilizando métodos gráficos como a regra do paralelogramo e o método da linha poligonal.

Trabalhe com os estudantes as operações de soma e subtração fazendo a correspondência dos vetores com grandezas físicas vetoriais que possam ser percebidas no dia a dia, como deslocamentos e forças.

Como exemplo pode-se realizar uma atividade prática, previamente preparada. Para isso, solicite aos estudantes os seguintes materiais:

- uma caixa pequena;
- barbante.

Peça aos estudantes que prendam dois barbantes nas extremidades opostas da caixa e puxem os barbantes sem danificar a caixa. A seguir, solicite que desenhem, em escala, vetores que representem as forças que esses barbantes aplicaram na caixa. Eles também podem atribuir valores para essas forças. A partir do desenho em escala (o tamanho do vetor corresponde à intensidade da força), peça que "calculem" a intensidade da força resultante pelos métodos citados no capítulo. Certifique-se de que eles compreenderam que a caixa se movimentará na direção e no sentido dessa força resultante.

Por fim, enfatize para os estudantes que esse tipo de operação com vetores pode ser realizada sempre que houver grandezas vetoriais envolvidas, como deslocamento, velocidade e aceleração.

Dialogando com o texto

Discuta com os estudantes as várias formas de sinalização para deficientes visuais, listando-as em ordem decrescente de facilidade de instalação numa escola, por exemplo.

De acordo com a disponibilidade e possibilidade do ambiente escolar, proponha que três dessas sinalizações sejam implantadas e testadas, se ainda não tiverem sido introduzidas na escola. Os estudantes que se voluntariarem a participar do teste, podem ser vendados e instruídos a se dirigir a algum local cujo caminho tenha sido sinalizado previamente. É preciso que um colega acompanhe o estudante tanto para evitar que se machuque quanto para avaliar a eficiência da sinalização

É importante que, após a prática, haja análise do processo, desde a elaboração da lista com os recursos mais fáceis de serem instalados até o teste final com o estudante.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **Competência geral 4**

Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, a partir da construção de questões, elaboração de hipóteses e previsões, com a finalidade de empregar instrumentos, representar e interpretar modelos explicativos, para justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. A **competência geral 4** é trabalhada nesta atividade com a utilização da linguagem matemática e científica ao questionar e solicitar que o estudante encontre uma proposta para ajudar uma pessoa cega a se deslocar por sua escola.

Dialogando com o texto

Esta atividade pode ser utilizada para reforçar os conceitos de direção e sentido de um vetor. No texto de abertura, falta a informação da direção a ser seguida, que pode ser um dos pontos cardeais, desde que se referencie com o local onde o sujeito está.

Complementarmente à representação escrita dos vetores, uma atividade prática para indicar um caminho com informação vetorial, como direção com base nos pontos cardeais, sentido e intensidade pelo número de quadras, pode ser proposta aos estudantes para verificação dos conceitos formais de direção e sentido.

De olho na BNCC

- **EM13CNT204**

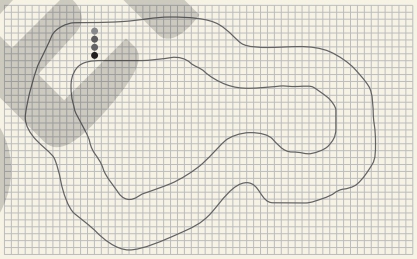
Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**, pois permite ao estudante a elaboração de explicações sobre os movimentos de objetos na Terra.

Sugestão de atividade complementar

Após a distinção entre grandezas escalares e grandezas vetoriais, pode-se propor aos estudantes o jogo descrito a seguir. O material a ser usado constará apenas de papel quadriculado e canetas ou lápis coloridos.

Corrida de vetores: vacina contra o raciocínio aristotélico

As regras são baseadas na lei de Newton para acelerar, frear e realizar curvas. A direção da força que a "pista" exerce sobre o "carro" é escolhida pelo piloto, mas o valor dessa força é limitado de forma que o piloto deva prever com antecedência seus movimentos futuros para evitar ser jogado fora da pista. A **Fig. 1** mostra uma possível pista desenhada no papel quadriculado. Seu formato pode ser escolhido livremente. Nesse caso, há quatro carros posicionados na linha de partida, indicando quatro pilotos participantes.



ADILSON SECCO

Figura 1 Exemplo de pista que pode ser construída pelo estudante.

Um deles, digamos o de cor azul-escura, começa o movimento até a posição imediatamente à direita, ou seja, anda uma unidade horizontal da grade, e marca essa nova posição com sua caneta azul-escura. Sua velocidade durante esse movimento é o vetor que liga sua antiga posição à nova, ou seja, o vetor que liga dois pontos azuis sucessivos. Esse vetor será decisivo na determinação do próximo movimento desse mesmo piloto, como veremos adiante. Antes, porém, os demais pilotos fazem seus movimentos em sequência, da mesma maneira. Nesse estágio, todos têm velocidades iguais.

Depois de todos os pilotos terem feito o primeiro movimento, é novamente a vez do primeiro piloto, o azul-escuro, movimentar-se. Sua aceleração é limitada, de forma que a nova velocidade que ligará sua atual posição à futura não pode ser muito diferente do vetor atual. A regra é: a nova velocidade é igual à anterior acrescida ou diminuída de uma unidade horizontal e/ou vertical da grade. A **Fig. 2** mostra as posições anterior e atual (círculos menores cheios) e as 9 opções que o piloto azul-escuro pode escolher para colocar sua terceira marca de caneta (círculos

MODELO

maiores abertos). A opção central, por exemplo, corresponde a manter a mesma velocidade anterior e aceleração nula (que também vale). Na verdade, dessas 9 opções, a posição mais abaixo à esquerda já estará ocupada pelo piloto verde no movimento anterior, portanto, o piloto azul-escuro não tem essa opção. De qualquer maneira, o piloto azul-escuro não iria mesmo escolhê-la porque estaria andando para o lado em vez de acelerar para frente. Com certeza ele escolherá uma das 3 opções mais à direita, que correspondem a acelerar o carro nesse início da corrida.

ADILSON SECCO

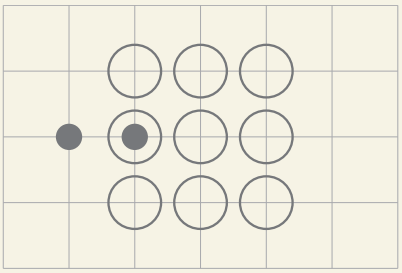


Figura 2 Posições anterior e atual do piloto azul-escuro, e as opções para o terceiro movimento.
(Representações sem escala.)

Depois que o piloto azul-escuro escolheu sua nova posição, os demais pilotos realizam seus respectivos movimentos na mesma sequência. Também adotam a mesma regra: repetir a velocidade anterior e escolher um dos nove pontos da vizinhança, desde que não esteja ocupada por outro piloto. A corrida continua na mesma sequência. O piloto afoito que acelerar demais poderá ser jogado fora da pista ao contornar uma curva, caso todas as opções disponíveis naquela jogada estejam fora da pista. Nesse caso, o piloto afoito paga o preço de ficar uma rodada sem se mover. Na rodada seguinte, ele parte do repouso na posição da borda da pista onde foi obrigado a sair. O vencedor será aquele que ultrapassar primeiro a linha de chegada, que pode ser a mesma da partida. Divirtam-se.

OLIVEIRA, P. M. C. Corrida de vetores: vacina contra o raciocínio aristotélico. *A Física na Escola*, v. 10, n. 1, p. 40, maio 2009. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a08.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

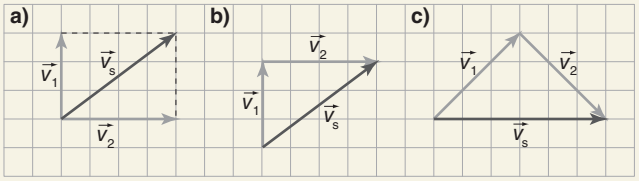
De olho na BNCC

- **EM13CNT204**

Essa *Atividade complementar* possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**, pois permite ao estudante a elaboração de explicações, previsões e cálculos sobre os movimentos de objetos na Terra.

Aplicando conhecimentos

1 No primeiro esquema, utilizamos a regra do paralelogramo: o vetor soma é representado pela diagonal do paralelogramo que tem origem na origem comum dos vetores. Nos dois outros esquemas, a extremidade de um vetor coincide com a origem do outro. Para esses casos, aplicamos o método da linha poligonal:



ADILSON SECCO

2 Nos dois primeiros esquemas, os módulos dos vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ são, respectivamente, $v_1 = 3 \cdot u$ e $v_2 = 4 \cdot u$. Os módulos de $\vec{v}_S$ são obtidos pela aplicação do teorema de Pitágoras:

$v_S = \sqrt{(3 \cdot u)^2 + (4 \cdot u)^2} \Rightarrow v_S = 5 \cdot u$

No terceiro esquema, temos: $v_S = 6 \cdot u$

3 Frase correta: Feixes de prótons, deslocando-se em sentidos opostos, irão colidir no maior acelerador de partículas do mundo.

$\vec{v}_1$: direção vertical e sentido de baixo para cima.

$\vec{v}_2$: direção horizontal e sentido da direita para a esquerda.

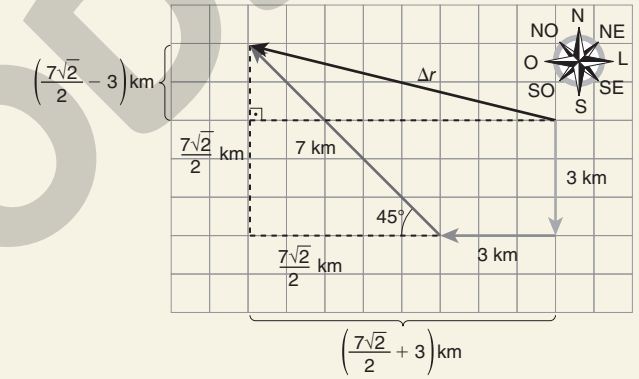
4 Os deslocamentos em cada etapa da viagem são calculados abaixo.

$$60 \text{ km/h} = \frac{\Delta s_1}{0{,}05 \text{ h}} \Rightarrow \Delta s_1 = 3 \text{ km}$$

$$90 \text{ km/h} = \frac{\Delta s_2}{0{,}03 \text{ h}} \Rightarrow \Delta s_2 = 3 \text{ km}$$

$$70 \text{ km/h} = \frac{\Delta s_3}{0{,}10 \text{ h}} \Rightarrow \Delta s_3 = 7 \text{ km}$$

ERICSON GUILHERME LUCIANO



a) O deslocamento escalar é dado pela soma total dos deslocamentos parciais.

Então: $\Delta s = (3 + 3 + 7)$ km $= 13$ km

b) O módulo do deslocamento vetorial, Δr, é obtido com o teorema de Pitágoras:

$$(\Delta r)^2 = \left(\frac{7\sqrt{2}}{2} - 3\right)^2 + \left(\frac{7\sqrt{2}}{2} + 3\right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\Delta r)^2 = 49 + 18$$

$$\therefore \Delta r \simeq 8{,}18 \text{ km}$$

3. Movimentos bidimensionais sob ação da gravidade

O lançamento de projéteis é um movimento bidimensional que pode receber tratamento vetorial para ser bem compreendido.

MODERNA

Inicie os estudos levantando com os estudantes situações no dia a dia ou de outros grupos, como os atletas, por exemplo, que mostrem movimentos de lançamento oblíquo e/ou horizontal, caracterizando a bidimensionalidade do movimento.

Para desenvolver as habilidades **EM13CNT204** e **EM13CNT301**, proponha aos estudantes a decomposição do movimento oblíquo em dois tipos de movimento de acordo com as direções, movimento uniforme na direção horizontal e movimento uniformemente variado na direção vertical. Trabalhe cada movimento como estudado no capítulo 6 e componha vetorialmente os resultados.

De olho na BNCC

- **EM13CNT204**
- **EM13CNT301**

Essa seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT204**, pois permite ao estudante elaborar explicações, previsões e cálculos sobre os movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais; e **EM13CNT301**, pois envolve construção de questões, elaboração de hipóteses e previsões, com a finalidade de empregar instrumentos, representar e interpretar modelos explicativos, com o fim de justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Sugestões de *site* para o professor

Jogos com caneta e papel

Disponível em:

<http://zamorim.com/jogos/papel/corrida-de-vetores-regras.html>. Acesso em: 24 jun. 2020.

Esse jogo propõe uma corrida de vetores com caneta e papel e pode auxiliar na aprendizagem sobre vetores, além de proporcionar momentos de diversão, convivência e respeito em grupo.

Corrida de vetores

Disponível em: <https://www.umlivroaberto.org/BookCloud/Volume_1/master/view/GE101-0A>. Acesso em: 11 abr. 2021.

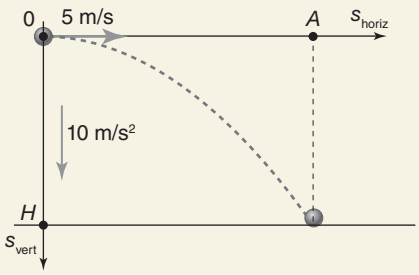
O *site* apresenta informações sobre vetores que podem ser utilizadas para complementar a aula. Há também uma proposta de jogo de corrida de vetores.

Aplicando conhecimentos

5 O movimento vertical da bolinha lançada horizontalmente é uma queda livre e, portanto, idêntico ao movimento da bolinha abandonada da beirada da mesa. Resulta, então, que elas atingem o solo no mesmo instante.

6 Ressalte para os estudantes que o movimento é a composição de dois movimentos simultâneos e independentes um do outro: um MU na horizontal e um MUV vertical com aceleração igual à aceleração gravitacional.

a) Com os dados do enunciado, podemos traçar a figura a seguir, com as trajetórias, vertical e horizontal, devidamente orientadas e com uma origem comum.



Na vertical (MUV), temos:

$s_{vert} = s_{0(vert)} + v_{0(vert)} \cdot t + \frac{g}{2} \cdot t^2 \Rightarrow$

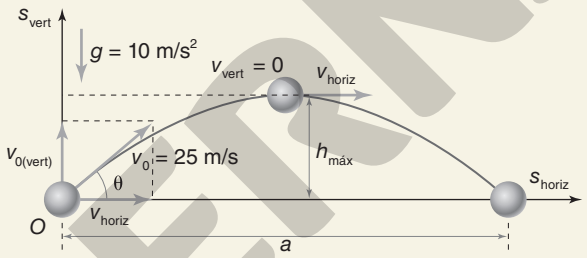
$\Rightarrow H = 5 \cdot t^2 \Rightarrow H = 5 \cdot (5)^2 \therefore H = 125$ m

b) E, na horizontal (MU), temos:

$s_{horiz} = s_{0(horiz)} + v_{horiz} \cdot t \Rightarrow$

$\Rightarrow A = 5 \cdot t \Rightarrow A = 5 \cdot 5 \therefore A = 25$ m

7 **a)** A figura a seguir mostra os dados do enunciado e as trajetórias, vertical e horizontal, devidamente orientadas e com uma origem comum.



O tempo de subida do projétil é obtido com base na análise do movimento vertical.

A velocidade inicial na vertical vale:

$v_{0(vert)} = v_0 \cdot \text{sen}\ \theta \Rightarrow v_{0(vert)} = 25 \text{ m/s} \cdot 0{,}6$

$\therefore v_{0(vert)} = 15$ m/s

Considerando que no ponto mais alto da trajetória a velocidade vertical se anula (o projétil para de subir), temos:

$v_{vert} = v_{0(vert)} - g \cdot t \Rightarrow 0 = 15 - 10 \cdot t_s \therefore t_s = 1{,}5$ s

b) O tempo de subida é igual ao tempo de descida, pois a trajetória é simétrica em relação ao ponto mais alto. Então: $t_d = 1{,}5$ s

O tempo total de voo corresponde à soma do tempo de subida com o tempo de descida. Como, neste caso, ambos os tempos são iguais, o tempo total de voo será:

$t_{total} = 2 \cdot t_s \Rightarrow t_{total} = 2 \cdot 1{,}5 \therefore t_{total} = 3$ s

c) A altura máxima atingida pelo projétil pode ser obtida com a equação de Torricelli aplicada ao movimento vertical. Considerando o ponto de partida e o ponto mais alto da trajetória, vem:

$v^2_{vert} = v^2_{0(vert)} - 2 \cdot g \cdot \Delta s_{vert} \Rightarrow$

$\Rightarrow 0^2 = 15^2 + 2 \cdot (-10) \cdot h_{máx} \therefore h_{máx} = 11{,}25$ m

d) O alcance horizontal *a* do projétil é calculado considerando-se que na horizontal o projétil desloca-se com velocidade constante. A componente horizontal da velocidade vale:

$v_{horiz} = v_0 \cdot \cos\theta \Rightarrow v_{horiz} = 25 \cdot 0{,}8$

$\therefore v_{horiz} = 20$ m/s

Então, o alcance *a* será:

$s_{horiz} = v_{horiz} \cdot t_{total} \Rightarrow A = 20 \cdot 3 \therefore A = 60$ m

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

e) Comente com os estudantes que, no lançamento oblíquo, quando os ângulos de lançamento são complementares, as distâncias de alcance horizontal são iguais, dessa forma, o alcance a' deverá ser igual a 60 m. Aproveite a oportunidade para refazer os cálculos com os passos anteriores, assim, temos:
$v'_{0(vert)} = v_0 \cdot \text{sen}\ \theta' \Rightarrow v'_{0(vert)} = 25\ \text{m/s} \cdot 0{,}8$
$\therefore\ v'_{0(vert)} = 20\ \text{m/s}$
Considerando que no ponto mais alto da trajetória a velocidade vertical se anula (o projétil para de subir), temos:
$v'_{vert} = v'_{0(vert)} - g \cdot t \Rightarrow 0 = 20 - 10 \cdot t'_s \therefore\ t'_s = 2\ \text{s}$
Como o tempo total de voo corresponde ao dobro do tempo de subida, o tempo total de voo será:
$t'_{total} = 2 \cdot t'_s \Rightarrow t'_{total} = 2 \cdot 2 \therefore\ t'_{total} = 4\ \text{s}$
Já o alcance horizontal do projétil é calculado considerando-se que, na horizontal, o projétil desloca-se com velocidade constante. Assim, a componente horizontal da velocidade vale:
$v'_{horiz} = v_0 \cdot \cos\theta \Rightarrow v'_{horiz} = 25 \cdot 0{,}6$
$\therefore\ v'_{horiz} = 15\ \text{m/s}$
Então, o alcance a' será:
$v'_{horiz} \cdot t'_{total} \Rightarrow a' = 15 \cdot 4\ \therefore\ a' = 60\ \text{m}$

CAPÍTULO 12 Leis de Newton

Metas do capítulo

- Compreender a força como causa dos movimentos.
- Compreender e descrever as leis de Newton.
- Reconhecer os efeitos da inércia nos movimentos observados no cotidiano.
- Compreender que a aceleração dos corpos em movimento se deve à soma de todas as forças atuantes sobre ele.
- Distinguir as forças de ação e reação como forças aplicadas em corpos diferentes.
- Identificar os diferentes tipos de força presentes no cotidiano.
- Saber utilizar os vetores para representar as forças e operar algebricamente.
- Conhecer e compreender a força gravitacional como uma interação entre corpos.
- Entender a natureza das forças e sua importância para a análise dos movimentos.

Sugestões didáticas e comentários

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

Na abertura do capítulo, há a frase "Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes", atribuída a Newton. Os gigantes citados são Copérnico e Galileu.

Explore com os estudantes a contribuição que esses dois filósofos da ciência deram à teoria sobre os movimentos dos corpos macroscópicos desenvolvida por Newton. Explique que a Ciência é uma construção humana desenvolvida com base em muitos acertos e muitos erros, e que os conhecimentos adquiridos e construídos por antecessores não são desprezados quando novos conhecimentos são consolidados.

Para trabalhar as habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT306**, pode-se retomar o capítulo 6 e discutir as regras de segurança no trânsito com base nos conceitos de força e das leis de Newton, exemplificando com situações cotidianas e transformando os conceitos intuitivos dos estudantes em explicações científicas.

A investigação da relação entre forças e movimentos, analisando tanto o movimento em si quanto as causas de variação desse movimento, conteúdo deste capítulo, serve como início da construção do conhecimento sobre o mundo real por meio de modelos.

Durante todo o trabalho com este capítulo, pode-se solicitar aos estudantes que deem exemplos de aplicação dos conceitos estudados em situações do cotidiano. Aproveite as concepções alternativas para ampliar conceitos. É importante ressaltar que uma das mais recorrentes concepções alternativas é, por exemplo, associar força à velocidade e não à aceleração. Assim, na visão de muitos estudantes, um corpo em alta velocidade estará submetido a uma força intensa.

De olho na BNCC

- **EM13CNT207**
- **EM13CNT306**
- **EM13MAT314**

Este capítulo possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT207**, pois permite ao estudante identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e do bem-estar; e **EM13CNT306**, pois o estudante pode 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 a integridade física, individual e coletiva; **EM13MAT314**, pois permite ao estudante resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras.

1. Conceito de força

Inicie os estudos com os estudantes fazendo uma investigação sobre os conhecimentos prévios que eles têm sobre forças e como elas se relacionam com o movimento dos corpos, orientando-os com exemplos práticos sobre a relação causa e efeito que comumente é invertida nas concepções espontâneas deles.

Uma concepção alternativa recorrente é relacionar a **força** com a velocidade dos corpos e não com a **mudança da**

MODERNA

velocidade (aceleração), como realmente é; o experimento de Galileu sobre planos inclinados pode representar um bom exemplo para abordar a relação da força com a aceleração e não com a velocidade.

Após esse esclarecimento, conceitue a força como a responsável pela **mudança** do estado de movimento dos corpos, explorando os diversos exemplos de estado de movimento de um corpo qualquer.

Trabalhe também a questão de que a força é uma grandeza física vetorial, indicando exemplos práticos, como arrastar ou empurrar uma cadeira em várias direções, que o efeito dessa ação, movimento dos corpos, depende também da direção e do sentido da força e não só da sua intensidade.

2. As leis de Newton

Primeira lei de Newton ou princípio da inércia

Para introduzir leis as de Newton, faça uma investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o princípio da inércia, discutindo com eles fatos do dia a dia, por exemplo, quando estamos dentro de um ônibus, ou de outro veículo, e o motorista dá uma freada brusca, arremessando-nos para a frente. Questione por que isso acontece. Após verificar as explicações dos estudantes para esse fato, comente que isso ocorre porque um corpo permanece em repouso ou em movimento com velocidade constante em uma linha reta a menos que um agente externo, ou uma força, atue sobre ele. Esse conceito ficou conhecido como primeira lei de Newton ou princípio da inércia. Assim, quando o motorista freia bruscamente o veículo, ele para, mas nós continuamos em movimento, por isso somos arremessados para a frente. Essa é uma ótima oportunidade para discutir com os estudantes as regras de segurança no trânsito, como o uso do cinto de segurança, o respeito à lotação dos veículos, a proibição de trafegar na carroceria de caminhonetes e caminhões, e perceber os conceitos intuitivos já dominados por eles.

Segunda lei de Newton ou princípio fundamental da Dinâmica

Retome o conceito de força discutido inicialmente como a causa da mudança do estado de movimento dos corpos, lembrando que a "mudança de movimento" está relacionada com a aceleração, ou seja, a variação da velocidade num dado intervalo de tempo, e não com a velocidade.

Explore com os estudantes como essa relação pode ser expressa matematicamente pela segunda lei de Newton e a importância de considerar que a força é um vetor, assim, a **força resultante** é a responsável pela aceleração do corpo, ou seja, várias forças podem ser aplicadas sobre um corpo e sua aceleração ser nula, pois, se a resultante dos vetores força aplicados ao corpo for nula, o corpo não terá aceleração.

Trabalhe as várias relações entre a força resultante, como:

- $\vec{F}_{res} = 0$ implica $\vec{a} = 0$, ou seja, o corpo não tem aceleração, podendo estar em repouso (parado) ou em movimento uniforme (velocidade constante).
- $\vec{F}_{res} \neq 0$ implica $\vec{a} \neq 0$, ou seja, o corpo tem aceleração (sua velocidade varia).

Aplicando conhecimentos

1 Alternativa A.

I. No movimento uniforme, a velocidade é constante e a aceleração é nula. Pela segunda lei de Newton, $\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$, se $\vec{a} = 0$, então, a força resultante é nula $\vec{F}_{res} = 0$.

II. Quando o automóvel está parado e começa a se movimentar, sua velocidade varia, ou seja, ele acelera ($a \neq 0$), então, pela segunda lei de Newton, $F_{res} = m \cdot a$, a força resultante não é nula.

III. A gota de água que cai da torneira está sujeita à força gravitacional, ou seja, é acelerada verticalmente para baixo com aceleração constante, então, a força resultante não é nula.

2 O exercício explora a aplicação do princípio fundamental da Dinâmica. Dadas as informações sobre o módulo da força resultante, $F_{res} = 80$ N, que age sobre o corpo, sua massa, $m = 40$ kg, e a aceleração, $a = 4$ m/s^2, temos as seguintes situações:

a) A massa do corpo é dobrada, ou seja, $m' = 80$ kg, e a aceleração é mantida igual a 4 m/s².
$F'_{res} = 80 \cdot 40 \therefore F'_{res} = 320$ N

b) A massa do corpo dobra, $m' = 80$ kg, e a força resultante permanece inalterada $F_{res} = 80$ N.
$F_{res} = m' \cdot a'' \Rightarrow 80 = 80 \cdot a'' \therefore a'' = 1$ m/s^2

Terceira lei de Newton ou princípio da ação e reação

Trabalhe a terceira lei de Newton com exemplos práticos, sempre enfatizando que cada força do par de forças de ação e reação é aplicada em dois corpos distintos, nunca no mesmo corpo.

Esclareça que o peso de um corpo e a força de contato normal não são exemplos de forças de ação e reação: o peso é a força de atração que o planeta exerce sobre os corpos existentes na sua superfície, e a força normal é uma força de natureza elétrica entre o corpo e a superfície com a qual ele está em contato, então, ambas as forças estão aplicadas sobre o mesmo corpo, não caracterizando um par de forças de ação e reação.

Enfatize para os estudantes que as forças de ação e de reação sempre atuam em corpos distintos; logo, não se equilibram. Para reforçar essa ideia, explore com eles o exemplo apresentado no texto sobre o cavalo e a carroça.

Uma questão que costuma causar certa confusão e que, por vezes, dificulta o entendimento da terceira lei de Newton é o problema do cavalo que puxa uma carroça e outros similares.

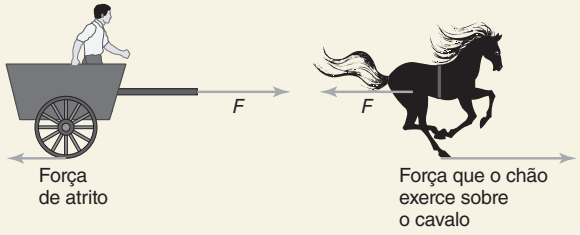
Se um cavalo puxa uma carroça com força de módulo F, pela terceira lei de Newton, a carroça "reage" e "puxa" o cavalo com força de mesma intensidade F, mas de sentido contrário.

EM MODERNIA

Se essas forças têm a mesma intensidade, como a carroça pode se movimentar?

(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Neste momento, ressalte que, ao analisar a aceleração de qualquer corpo, é preciso considerar a força resultante (soma vetorial de todas as forças) que atua sobre o corpo. Para a carroça, na direção horizontal, a força *F* exercida pelo cavalo, puxando-a para a frente, é maior que a força de atrito que "puxa" a carroça para trás. Para o cavalo, também na direção horizontal, a força exercida pelo solo "para a frente" é maior que a força *F* com que a carroça "puxa" o cavalo para trás.

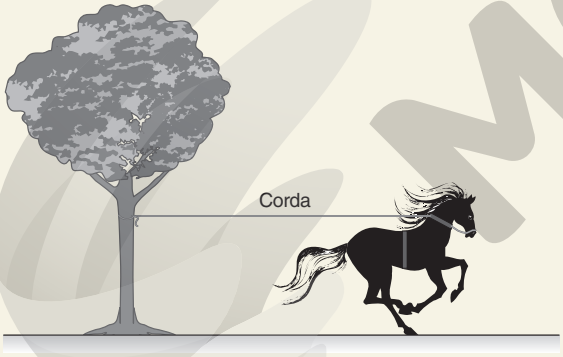


(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Após essa análise, é interessante propor aos estudantes a situação descrita a seguir.

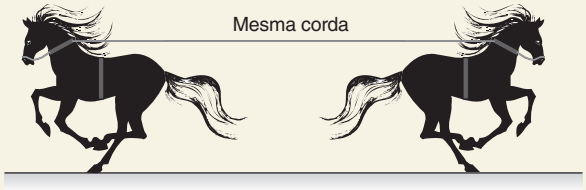
Os dois cavalos

Um cavalo forte, amarrado a uma árvore por uma corda, puxa essa corda até que ela fique na iminência de arrebentar, mas não arrebenta.



(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Se dois cavalos idênticos ao primeiro forem atados, cada um a uma das extremidades daquela mesma corda, e a puxarem simultaneamente como o primeiro cavalo, a corda arrebentará?



(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

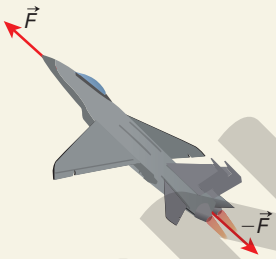
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Argumente com os estudantes que, caso os dois cavalos puxem a corda ao mesmo tempo, um deles está desempenhando o mesmo papel da árvore na primeira situação.

As duas situações apresentadas são, portanto, equivalentes e a corda não arrebentará. Após a discussão e apresentação do princípio da ação e reação, pode-se, então, trabalhar com aplicações das três leis de Newton conjuntamente.

Dialogando com o texto

1 Propulsão do foguete



ERICSON GUILHERME LUCIANO

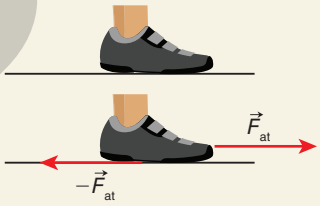
(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

Reforce para os estudantes que as forças de ação e reação são aplicadas em corpos distintos (ar e foguete), então:

$-\vec{F}$ é a força de ação dos gases produzidos pela queima do combustível e expelidos pelo motor do avião, "empurrando" o ar atrás do foguete.

$\vec{F}$ é a força de reação aplicada pelo ar ao foguete, propulsionando-o para a frente.

2 Ato de andar



ERICSON GUILHERME LUCIANO

(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

$-\vec{F}_{at}$ representa a força com que o pé, ou a sola do sapato, "empurra" o chão para trás.

$\vec{F}_{at}$ é a força que o chão exerce sobre o pé e aponta para a frente.

De olho na BNCC

- **EM13CNT204**
- **EM13CNT306**

Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**, pois permite ao estudante elaborar explicações a respeito dos movimentos de objetos na Terra.

3. Forças

Força elástica (de deformação)

Mostre o efeito da força elástica na deformação de um corpo realizando um experimento prático que possibilita medir o comprimento da mola ao pendurar corpos de diversas massas conhecidas em sua extremidade.

MODERNA

Se for possível, proponha aos estudantes a atividade com o simulador disponível em:

<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/masses-and-springs>

Acesso em: 24 jun. 2020.

Com esse simulador, pode-se realizar um experimento com massas e molas e verificar a validade da lei de Hooke. Pode-se ainda verificar o comportamento de uma mola, usada como dinamômetro, em locais com aceleração da gravidade diferente da terrestre.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT204**

Essa seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT301**, pois permite ao estudante a construção de questões, elaboração de hipóteses, previsões e estimativas, ao utilizar 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; e **EM13CNT204**, pois permite ao estudante elaborar explicações, previsões e cálculos sobre o movimento de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

Força gravitacional e força peso

Essa seção permite o trabalho da habilidade **EM13CNT204**. Inicie uma discussão com os estudantes sobre a força gravitacional como a responsável pela permanência dos corpos na superfície terrestre. Questione como os estudantes imaginam que seria a vida em planetas cuja aceleração gravitacional fosse muito diferente da aceleração da Terra e como isso afetaria a dimensionalidade e os movimentos.

De olho na BNCC

- **EM13CNT204**

Essa seção possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**, pois incentiva a exploração de explicações, previsões e cálculos envolvendo o movimento dos objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo, com base na análise das interações gravitacionais.

Aplicando conhecimentos

3 Este exercício possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13LGG701** ao solicitar que o estudante explore tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) e utilize-as de modo adequado para a resolução do problema proposto. Sugira aos estudantes uma pesquisa em *sites* confiáveis para a obtenção dos dados relativos à aceleração da gravidade em planetas do Sistema Solar. A seguir, o cálculo da força peso de Maria pode ser obtido pela seguinte relação:

$P_{\text{planeta}} = m \cdot g_{\text{planeta}}$

Assim, é esperado que o valor para cada planeta do Sistema Solar, calculado pelos estudantes, esteja próximo dos valores indicados a seguir.

Planeta	Aceleração da gravidade (m/s^2)	Peso (N)
Mercúrio	3,7	207,2
Vênus	8,9	498,4
Terra	9,8	548,8
Marte	3,7	207,2
Júpiter	23,1	1.293,6
Saturno	9,0	504,0
Urano	8,7	478,2
Netuno	11,0	616,0

Fonte: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>. Acesso em: 24 jun. 2020.

MODERNA

Atividade em grupo

Aborde novamente os conceitos espontâneos dos estudantes sobre o significado de lei e teoria, não interferindo em suas respostas.

Antes de elucidar as diferenças entre elas, se for possível, proponha a leitura do texto "Qual a diferença entre teoria e lei? Por que a seleção natural de Darwin é teoria?", de Luiz Fernando Jardim Bento. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/qual-a-diferenca-entre-teoria-e-lei-por-que-a-selecao-natural-de-darwin-e-teoria/>. Acesso em: 24 jun. 2020.

Trabalhe com os estudantes a elaboração de um mapa conceitual no qual fiquem claras as ramificações que distinguem uma lei de uma teoria. A figura a seguir exemplifica essa construção.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

De olho na BNCC

- **EM13CNT204**
- **EM13CNT301**

Essa seção possibilita o desenvolvimento das seguintes habilidades: **EM13CNT204**, pois permite ao estudante a elaboração de explicações, previsões e cálculos sobre o movimento dos objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo; e **EM13CNT301**, pois proporciona ao estudante o entendimento do que são leis, teorias e hipóteses no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Força de reação normal do apoio e força de atrito

As forças de contato podem ser explicadas utilizando-se exemplos práticos.

Ao tratar da força normal, explique aos estudantes que essa força e o peso de um corpo não constituem um par de ação e reação, pois são aplicadas no mesmo corpo e têm naturezas diferentes: o peso é uma força gravitacional e a força normal é uma força elétrica.

Apresente a força de atrito com exemplos do cotidiano, mostrando sua importância para que os movimentos ocorram mesmo com uma força contrária ao movimento. Esclareça também sua peculiaridade de ser uma força cuja intensidade depende de uma força que é perpendicular à superfície de contato (força de atrito = coeficiente de atrito × força normal) e cuja direção é paralela à superfície (a força de atrito tem a direção do movimento dos corpos sobre a superfície de contato e sentido contrário a esse movimento).

Os tipos de atrito, cinético e estático, podem ser trabalhados inicialmente com os conceitos intuitivos e espontâneos dos estudantes, para depois serem ajustados de acordo com os conceitos científicos estabelecidos.

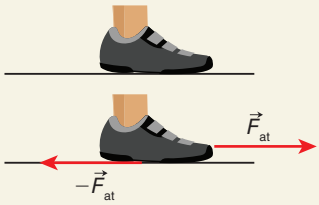
Aplicando conhecimentos

4 Ato de andar

Lembrando que as forças de ação e reação são aplicadas em corpos distintos (pé ou sola do sapato e chão), então:

$-\vec{F}_{at}$ representa a força com que o pé, ou a sola do sapato, "empurra" o chão para trás;

$\vec{F}_{at}$ é a força que o chão exerce sobre o pé e aponta para a frente.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

(Representação fora de proporção. Cores meramente ilustrativas.)

A força aplicada pelo chão ao pé é a força de atrito que age como uma força resistiva ao movimento de andar para a frente. Se não houvesse atrito, isto é, se as superfícies fossem perfeitamente lisas, não conseguiríamos andar, pois não sairíamos do lugar – ficaríamos "patinando" no mesmo lugar. Aproveite a oportunidade e explore com os estudantes situações cotidianas que não poderiam ser realizadas sem o atrito. É o atrito entre nossos pés e o chão que nos permite andar e é o atrito entre os pneus dos veículos e o piso da via que permite que eles se movimentem. Quando usamos um lápis para escrever em uma folha de papel, é o atrito que permite manter o lápis entre nossos dedos e é também o atrito que provoca o desgaste da grafite, que deixa sua marca no papel. Um veículo em movimento só poderá fazer uma curva se existir atrito suficiente entre suas rodas e o piso.

CAPÍTULO 13 Reprodução, meiose e embriologia animal

Metas do capítulo

- Reconhecer a relação entre a meiose e a reprodução sexuada.
- Reconhecer e identificar, em esquemas e fotografias de células em divisão, as principais fases da meiose: prófases I e II, metáfases I e II, anáfases I e II e telófases I e II.
- Conceituar segmentação e relacionar o tipo de ovo ao tipo de segmentação que ocorre no início embriogênese.
- Conceituar gastrulação e compreender que nesse estágio do desenvolvimento têm origem o arquêntero e os folhetos germinativos.
- Conhecer os aspectos gerais da formação do tubo nervoso, da notocorda e dos diferentes tecidos embrionários dos animais vertebrados.
- Estar informado sobre a existência e o significado de anexos embrionários em répteis, aves e mamíferos.
- Compreender a formação dos folhetos germinativos e dos anexos embrionários no desenvolvimento embrionário de mamíferos.

Sugestões didáticas e comentários

A abertura do capítulo tem por objetivo despertar a curiosidade dos estudantes a respeito da reprodução, mecanismo responsável pela manutenção da vida. Pelos conteúdos abordados neste capítulo, sugerimos que seja trabalhado pelo professor com formação em Biologia. Avalie os conhecimentos prévios dos estudantes perguntando a eles que tipos de reprodução eles conhecem, antes de apresentar o tema.

Relembre que a reprodução sexuada possibilita a ocorrência de variabilidade genética, um dos fatores implicados na biodiversidade dos seres vivos. Pergunte aos estudantes se eles conhecem os princípios gerais da reprodução sexuada e dominam conceitos como fecundação, zigoto, meiose e embriogênese, entre outros, que serão estudados ao longo do capítulo.

Verifique também se os estudantes já ouviram falar em células-tronco e, em caso afirmativo, estimule-os a relatar verbalmente o que sabem sobre o assunto, o qual será retomado mais adiante no capítulo. A proposta apresentada na abertura relaciona-se à **competência geral 1**, por valorizar e utilizar conhecimentos historicamente construídos para entender e explicar a realidade que cria condições para o estudante continuar aprendendo.

MODERNA

1. Tipos de reprodução

Este item aborda os tipos de reprodução, processo que vem garantindo a continuidade da vida na Terra.

O objetivo do item é estudar tanto as formas de reprodução assexuada dos seres microscópicos como a reprodução sexuada, que ocorre na maioria das espécies vivas, incluindo a nossa. A reprodução sexuada, como já foi dito, é importante para que ocorra grande variabilidade genética, matéria-prima para a evolução biológica.

Se julgar pertinente, informe aos estudantes que também ocorre reprodução assexuada em seres eucariontes como certas espécies de anfíbios, peixes e lagartos, que se reproduzem por partenogênese. Explique que esse tipo de reprodução em vertebrados é rara e que ocorre com mais frequência em populações que se encontram isoladas. Comente que partenogênese também pode ocorrer na determinação do sexo masculino de certos invertebrados, como abelhas, formigas vespas, trabalhando dessa forma a habilidade **EM13CNT203**, ao interpretar mecanismos de manutenção da vida.

2. Meiose

A proposta do item é enfatizar o papel da meiose na redução do número de cromossomos nos ciclos sexuados, contrabalançando assim a união cromossômica que ocorre na fecundação. Vale a pena ressaltar que a meiose é composta por duas divisões celulares consecutivas, sendo a primeira (divisão I) reducional, na qual se separam cromossomos homólogos, e a segunda (divisão II) equacional, semelhante à que ocorre na mitose, na qual se separam as cromátides-irmãs.

A compreensão dos fenômenos que envolvem a meiose pode ser facilitada por sua representação em modelos de argila ou massa de modelar, entre outros materiais. Ajude os estudantes a formar grupos para repartir as tarefas de construção dos modelos. Atividades teatrais também são modelos válidos e, se for o caso, apresente essa possibilidade para seus estudantes. Marque um dia para a apresentação dos trabalhos em classe e peça aos estudantes para que avaliem seu próprio trabalho e o dos colegas.

Dialogando com o texto

A atividade propõe uma reflexão sobre as diferenças entre as separações cromossômicas que ocorrem nas divisões I e II da meiose. Discuta com os estudantes que, do ponto de vista qualitativo, a célula poderia ser considerada haploide ao fim da divisão I da meiose. Estimule os estudantes a fazer esquemas comparativos entre as divisões I e II e sugira que acrescentem genes em condição heterozigótica (por exemplo, *A* e *a*, *B* e *b* etc.) aos cromossomos homólogos, o que pode ajudá-los a compreender a proposta da atividade.

De olho na BNCC

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

A atividade *Dialogando com o texto* favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202** ao estudar o processo de meiose e relacionar às diversas formas de manifestação da vida e aos diferentes níveis de organização. Os estudantes devem ser estimulados a elaborar hipóteses e interpretar informações, favorecendo assim o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**.

3. Gametogênese nos animais

Este item trata do processo de formação dos gametas nos animais, a gametogênese. O estudo da gametogênese permite contextualizar e ampliar o significado do processo meiótico, responsável pela redução do número de cromossomos nos gametas. Outro aspecto importante é focalizar a estrutura geralmente distinta dos gametas masculino e feminino, cada qual adaptada ao desempenho de suas funções.

No capítulo 7 deste livro, a espermatogênese foi mencionada por nela ocorrer a formação do acrossomo a partir de vesículas liberadas pelo aparelho de Golgi. O acrossomo é responsável pela digestão dos envoltórios do óvulo, que possibilita a entrada do espermatozoide. Peça aos estudantes que retornem ao capítulo 7 e localizem a Figura 9. Nela é possível observar os diferentes eventos que ocorrem na espermatogênese. Converse com os estudantes sobre a alta especialização da célula que constitui o gameta masculino. Ajude-os a perceber que as especializações que ocorrem na espermiogênese levam o gameta masculino a se tornar móvel e ágil. Por outro lado, as especializações do gameta feminino são seu crescimento e acúmulo de vitelo.

4. Fecundação e formação do zigoto nos animais

Este item trata do processo da fecundação, em que é lançada a "pedra fundamental" de um novo ser: o zigoto. Leve os estudantes a reconhecer a importância da fecundação cruzada, em que conjuntos cromossômicos e gênicos de indivíduos diferentes unem-se para a produção de um novo ser cujo patrimônio genético apresenta originalidade no conjunto da população. Se houver possibilidade, planeje com os estudantes uma atividade de construção de modelos em argila ou massa de modelar das etapas iniciais da segmentação embrionária. Os modelos podem ser pintados para destacar o que for necessário, e eventualmente serem expostos para apreciação de toda a escola.

De olho na BNCC

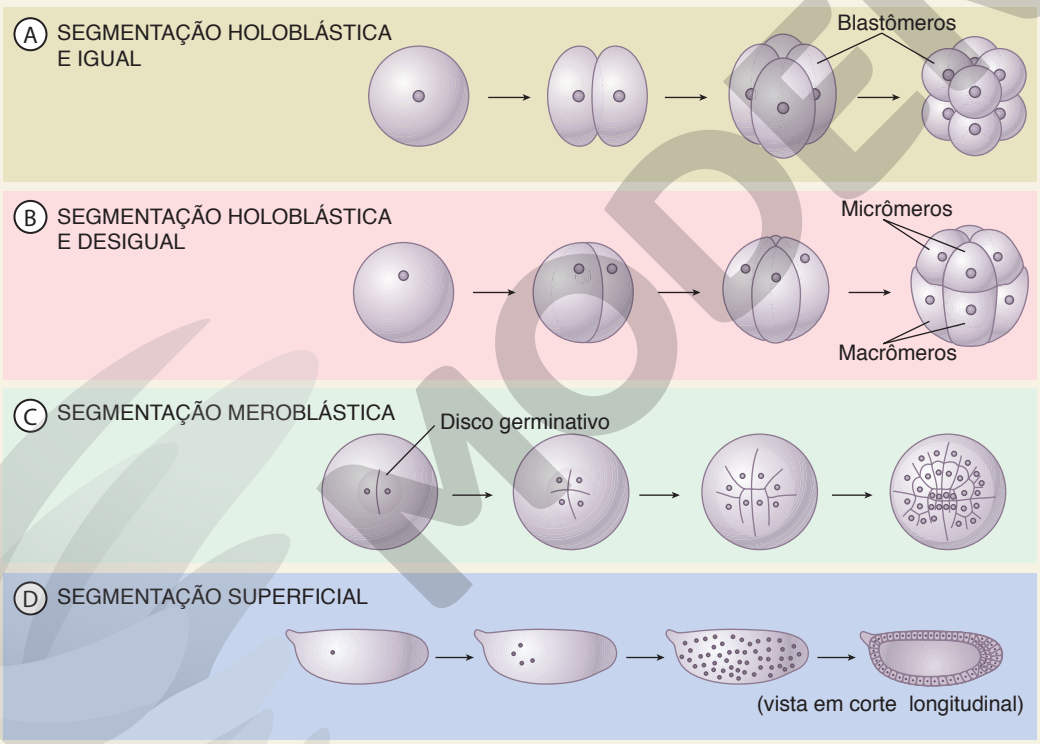
- **EM13CNT202**

O estudo da gametogênese e da fecundação e formação do zigoto dos animais está relacionada ao trabalho da habilidade **EM13CNT202**, ao analisar as formas de manifestação da vida em diferentes níveis de organização.

5. Segmentação e formação da blástula

O Item 5 apresenta as etapas iniciais do desenvolvimento embrionário. É importante levar os estudantes a reconhecer a sequência ordenada e precisa de transformações que levam uma única célula – o zigoto – a originar um organismo completo. Dê preferência aos padrões gerais dos processos, minimizando detalhes. Um enfoque importante do item é estabelecer a relação entre o tipo de ovo, quanto à quantidade e distribuição do vitelo, e o tipo de segmentação. Se possível, apresente aos estudantes imagem de alguns tipos de segmentação dos ovos como as mostradas a seguir.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



Representação esquemática de alguns tipos de segmentação de ovos. **A.** Segmentação holoblástica e igual (anfioxo). **B.** Segmentação holoblástica e desigual (anfíbios). **C.** Segmentação meroblástica e discoidal (répteis e aves). **D.** Segmentação superficial (insetos). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.

O estudo da segmentação também pode ser facilitado pela construção de modelos em argila ou em massa de modelar; os modelos certamente ajudam na compreensão do processo. Peça aos estudantes que se organizem em grupos com quatro ou cinco colegas e escolham o organismo e as fases do desenvolvimento embrionário que serão representados. Por exemplo, um grupo poderia modelar o desenvolvimento do anfioxo a partir do estágio de zigoto até o de mórula. Outro grupo modelaria o mesmo período de desenvolvimento para um anfíbio; outro grupo, para uma ave; e outro, para um mamífero. Os estudantes poderiam

representar os embriões também em cortes transversais, de maneira a mostrar a organização dos folhetos germinativos. Para facilitar a visualização, oriente-os a pintar os folhetos de cores diferentes. Peça aos estudantes que registrem, se possível, a confecção dos modelos em vídeos e fotografias. Ajude os estudantes a organizar uma exposição na escola dos modelos por eles construídos. Fotografias e os vídeos também podem ser utilizados para enriquecer a exposição.

Se os estudantes já tiverem construído modelos para a clivagem dos ovos, estes podem ser reaproveitados, com a adição dos modelos das fases de blástula e de gástrula.

O termo ovo, tratado no capítulo, é outra denominação dada ao zigoto. Comente que o "ovo" de galinha, se não foi fecundado, é, na realidade, um óvulo (o gameta feminino).

6. Formação da gástrula

A formação da gástrula é um evento importante no desenvolvimento embrionário. Além da formação do tubo digestivo, formam-se também os três folhetos germinativos que darão origem aos diversos tecidos do organismo adulto. Nesse ponto do desenvolvimento embrionário percebe-se uma grande diferença entre os animais, com relação ao destino do blastóporo (animais protostômios e deuterostômios).

De olho na BNCC

- **EM13CNT202**

Os itens sobre a formação da blástula e da gástrula possibilitam entender a manifestação da vida em diferentes níveis de organização, favorecendo, assim, a habilidade **EM13CNT202**.

7. Organogênese

Este item trata da organogênese, que é a formação dos diferentes tecidos e órgãos a partir de tecidos embrionários. É importante correlacionar os tecidos embrionários e os tecidos e órgãos do animal adulto. Enfatize a formação do tubo nervoso, de onde deriva o sistema nervoso.

Aplicando conhecimentos

As atividades de retomada de conhecimentos possibilitam esclarecer eventuais dúvidas e retomar conceitos importantes dos assuntos tratados.

1 Alternativa C
2 Alternativa D
3 Alternativa B

Os estudantes devem associar corretamente fases do desenvolvimento embrionário e eventos característicos de cada uma delas.

8. Anexos embrionários

O enfoque deste último item do capítulo é a importância dos anexos embrionários na conquista definitiva do ambiente de terra firme pelos animais. A existência de anexos embrionários sem função, nos mamíferos placentários, constitui uma evidência de seu parentesco evolutivo com os répteis, os primeiros animais a desenvolver um ovo adaptado a ambientes de terra firme e baixa umidade.

Dialogando com o texto

Eventualmente pode ser difícil para alguns estudantes realizar as pesquisas sugeridas nesta atividade, sobre as explicações para a presença de anexos embrionários não funcionais em mamíferos. Além de auxiliá-los na pesquisa, combine uma apresentação em sala de aula, se possível acompanhada de ilustrações.

O foco da atividade é levar os estudantes a refletir sobre as relações de parentesco entre os seres vivos, uma vez que a presença de anexos embrionários não funcionais sugere a existência de uma relação de ancestralidade entre mamíferos e répteis. Para saber mais a respeito, o texto a seguir é uma boa fonte de referência: A origem dos mamíferos. *Revista Fapesp*, 2002 (76). Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-origem-dos-mamiferos/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

De olho na BNCC

- **EM13CNT301**
- **EM13CNT303**

Essa atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, por estimular os estudantes a discutir e elaborar hipóteses sobre a presença de anexos embrionários em mamíferos. Além disso, ao solicitar que os estudantes pesquisem informações a respeito, contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**.

Atividade em grupo

O objetivo desta atividade sobre células-tronco é estimular o senso crítico dos estudantes a respeito de temas polêmicos, possibilitando que eles expressem suas opiniões e debatam com os colegas. Conduza o debate de modo que os estudantes possam expressar livremente suas ideias e pontos de vista, com o devido respeito entre os debatedores.

a) Sim. Segundo o texto, as terapias com células-tronco apresentam alto potencial terapêutico.
b) Resposta pessoal.

De olho na BNCC

- **EM13CNT205**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT304**
- **EM13LGG303**
- **Competências gerais 9 e 10**

Durante a discussão, é possível trabalhar a **competência geral 9**, exercitando o diálogo, o respeito e a empatia, e a **competência geral 10**, ao expressar as opiniões com base em princípios éticos e inclusivos.

A atividade possibilita desenvolver as habilidades: **EM13CNT205**, ao incentivar a interpretação de previsões acerca de atividades experimentais e processos tecnológicos; **EM13CNT302**, ao comunicar os resultados das pesquisas e debates do grupo; e **EM13CNT304**, por conhecer e debater questões controversas da Ciência. Além disso, favorece também a habilidade **EM13LGG303**, da área de Linguagens e suas tecnologias, ao debater questões polêmicas de relevância social, considerando diferentes argumentos e opiniões.

MODERNA

CAPÍTULO 1.
O conhecimento científico e as ciências da natureza

1 **a)** A hipótese inicial levantada é que a falta de determinados aminoácidos na dieta das larvas pode afetar o seu desenvolvimento.

b) O grupo controle é aquele que recebeu a dieta completa, contendo todos os aminoácidos. O grupo controle é importante pois permite a comparação dos resultados com os grupos experimentais.

c) A variável testada nos grupos foi a influência da ausência de um tipo de aminoácido na dieta no desenvolvimento das larvas.

d) O experimento possibilita concluir que a ausência de valina, leucina e isoleucina na dieta das larvas afeta o seu desenvolvimento, levando-as à morte; a conclusão é que eles são aminoácidos essenciais para as larvas da mosca. Já a ausência de glicina e glutamina não afetou o desenvolvimento das larvas, uma vez que o número de larvas mortas nesses grupos foi semelhante ao do grupo controle.

2 Alternativa B. A dedução é uma previsão do que deve acontecer em determinada situação se a hipótese aventada estiver correta. Assim, após a dedução, novas observações e/ou experimentos deverão ser realizados, para validar ou descartar a hipótese em teste.

3 Resposta pessoal. Considerar casos que refutem uma hipótese é fundamental para garantir que a hipótese testada não leve a conclusões erradas.

4 Resposta pessoal. Segundo o texto, algumas pessoas tendem a adotar ideias e crenças sem questionar a sua validade. Nesse sentido, não é aconselhável o uso de medicamentos caseiros, pois a eficácia destes não tem comprovação científica. Ao trabalhar com essa atividade, explique aos estudantes que existe uma área da ciência chamada Etnobotânica, que estuda, além dos costumes de povos tradicionais, os produtos naturais utilizados por eles para o tratamento de doenças. Muitas vezes certas plantas apresentam propriedades terapêuticas verificadas na prática e podem vir a se tornar um medicamento, após estudos científicos. Aproveite a oportunidade para enfatizar a importância de valorizar os conhecimentos tradicionais. Contudo, saliente os riscos envolvidos em seguir conselhos sobre saúde recebidos por redes sociais, sem ter certeza de sua eficácia e segurança verificadas em fontes confiáveis de informação. Ao fim da atividade, ao escrever o texto solicitado, espera-se que os estudantes correlacionem a necessidade de considerar casos que refutem uma ideia como fundamentais para que se evite um erro comum: considerar somente resultados supostamente positivos como se fossem provas da validade de uma hipótese. É também esperado que os estudantes mencionem em seu texto o problema das *fake news*, notícias falsas veiculadas por meio de redes sociais, originadas por má-fé e/ou desconhecimento. A verificação da veracidade das informações recebidas é, atualmente, uma necessidade.

CAPÍTULO 2.
Unidades de medida

1 No item **a**, lembre aos estudantes que a ordem dos fatores não altera o produto.

a) $F = (3{,}2 \cdot 10^3) \cdot (4{,}5 \cdot 10^{-5}) = (3{,}2 \cdot 4{,}5) \cdot (10^3 \cdot 10^{-5}) = = 14{,}4 \cdot 10^{-2} = 1{,}44 \cdot 10^{-1}$

b) $d = \dfrac{9{,}9 \cdot 10^3}{3{,}3 \cdot 10^{-2}} = \dfrac{9{,}9}{3{,}3} \cdot 10^3 \cdot 10^2 = 3{,}0 \cdot 10^5$

c) $U = (5{,}0 \cdot 10^3) \cdot (4{,}0 \cdot 10^{-3}) = (5{,}0 \cdot 4{,}0) \cdot (10^3 \cdot 10^{-3}) = 20 \cdot 10^0 = 2{,}0 \cdot 10^1 \cdot 1 = 2{,}0 \cdot 10^1$

d) $v = (1{,}5 \cdot 10^{-1}) \cdot (2{,}0 \cdot 10^3) = (1{,}5 \cdot 2{,}0) \cdot (10^{-1} \cdot 10^3) = 3{,}0 \cdot 10^2$

2 O número n de balas vermelhas é 40% (0,40) do número total N de balas no recipiente. Assim:

$n = 0{,}40 \cdot N \Rightarrow n = 0{,}40 \cdot 10.000 \Rightarrow n = 4.000 \Rightarrow n = 4{,}0 \cdot 10^3$

3 O problema explora a conversão da unidade de medida de comprimento metro (m) para centímetro (cm), milímetro (mm) e quilômetro (km).

a) O prefixo centi (c) equivale a 10^{-2}. Devemos, então, fazer surgir essa potência de dez na medida dada. Assim, lembrando que $10^n \cdot 10^{-n} = 10^0 = 1$, temos:

$1{,}83\ \text{m} = 1{,}83 \cdot 10^2 \cdot 10^{-2}\ \text{m} = 1{,}83 \cdot 10^2\ \text{cm}$

b) O prefixo mili (m) equivale a 10^{-3}. Então:

$1{,}83\ \text{m} = 1{,}83 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}\ \text{m} = 1{,}83 \cdot 10^3\ \text{mm}$

c) O prefixo quilo (k) equivale a 10^3. Portanto:

$1{,}83\ \text{m} = 1{,}83 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3\ \text{m} = 1{,}83 \cdot 10^{-3}\ \text{km}$

4 **a)** Destaque para os estudantes que a duração de um evento (ou seja, determinado intervalo de tempo) é dada pela diferença entre o instante final e o instante inicial. No nosso caso: 11 h 50 min 20 s (instante final) e 10 h 05 min 30 s (instante inicial).

A duração Δt da corrida é dada, portanto, pela diferença:

$\Delta t = 11\ \text{h}\ 50\ \text{min}\ 20\ \text{s} - 10\ \text{h}\ 05\ \text{min}\ 30\ \text{s} \Rightarrow \Delta t = 11\ \text{h}\ 49\ \text{min}\ 80\ \text{s} - 10\ \text{h}\ 05\ \text{min}\ 30\ \text{s} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t = 1\ \text{h}\ 44\ \text{min}\ 50\ \text{s}$

Expressando esse valor em hora, temos:

$\Delta t = 1\ \text{h} + \frac{44}{60}\ \text{min} + \frac{50}{3.600}\ \text{s} \simeq 1{,}75\ \text{h}$

b) $1\ \text{h}\ 44\ \text{min}\ 50\ \text{s} = 60\ \text{min} + 44\ \text{min} + \frac{50}{60}\ \text{min} \simeq 104{,}83\ \text{min}$

c) $1\ \text{h}\ 44\ \text{min}\ 50\ \text{s} = 3.600\ \text{s} + 44 \cdot 60\ \text{s} + 50\ \text{s} = 3.600\ \text{s} + 2.640\ \text{s} + 50\ \text{s} = 6.290\ \text{s}$

5 Alternativa D.

Deve-se analisar cada uma das alternativas para se chegar à correta.

a) **Incorreta**. De acordo com o gráfico, o maior desmatamento ocorreu em 1995.

b) **Incorreta**. De acordo com o gráfico, a área desmatada foi menor em 2007 que em 1997.

c) **Incorreta**. Entre 1998 e 2001, a área desmatada teve um pequeno aumento.

d) **Correta**. Observe que o aumento entre 1994 e 1995 foi maior que o aumento verificado entre 1997 e 1998.

e) **Incorreta**. Se em cada um dos anos citados o desmatamento foi menor que 20.000 km², não poderíamos ter naqueles três anos um total de área desmatada maior que 60.000 km².

6 Alternativa B.

Primeiro, vamos colocar todas as medidas em metros, assim:

$a = 160\ \text{pm} \Rightarrow a = 160 \times 10^{-12}\ \text{m}$

$b = 8\ \mu\text{m} \Rightarrow b = 8 \times 10^{-6}\ \text{m}$

$c = 1\ \text{mm} \Rightarrow c = 0{,}1 \times 10^{-3}\ \text{m}$

Agora, vamos verificar qual das alternativas está correta.

a) **Incorreta**. A medida *c* não é 80 vezes menor que a medida *b* e não é 1.600 vezes menor que a medida *a*.

$\frac{c}{b} = \frac{0{,}1 \times 10^{-3}\ \text{m}}{8 \times 10^{-6}\ \text{m}} = 12{,}5$ (*c* é 12,5 vezes maior que *b*)

$\frac{b}{a} = \frac{8 \times 10^{-6}\ \text{m}}{160 \times 10^{-12}\ \text{m}} = 50.000$ (*b* é 50.000 vezes maior que *a*)

b) **Correta**. A medida *c* é 12,5 vezes maior que a medida *b* e 625.000 vezes maior que a medida *a*. = 625.000 (*c* é 625.000 vezes maior que *a*)

c) **Incorreta**. A medida *c* não é 125 vezes maior que a medida *b* e não é 6.250.000 vezes maior que a medida *a*.

d) **Incorreta**. A medida *c* não é 12,5 vezes menor que a medida *b* e não é 625.000 vezes maior que a medida *a*.

e) **Incorreta**. A medida *c* é 12,5 vezes maior que a medida *b* e não é 625.000 vezes menor que a medida *a*.

CAPÍTULO 3.
Elementos, substâncias e reações químicas

1 Alternativa D.

A expressão "a mistura ferveu", no contexto, é um modo não científico de dizer que houve reação (transformação) química, em que uma ou mais substâncias gasosas foram produzidas e liberadas. O fato de "sair uma fumaça asfixiante" indica que um ou mais desses gases são tóxicos.

2 Alternativa B.

Todas as recomendações apresentadas nas alternativas são importantes e devem ser seguidas. A que tem relação com a situação apresentada é a da alternativa B. Rótulos de produtos industrializados devem ser lidos com muita atenção. Além disso, não se devem misturar substâncias sem ter informações sobre a segurança de tal procedimento.

3 **a)** NO **b)** NO_2 **c)** N_2O **d)** N_2O_3 **e)** N_2O_4 **f)** N_2O_5 **g)** C_2H_6 **h)** C_3H_8 **i)** C_4H_{10}

4 Ao alterar H_2 para H_6 e a NH_3 para N_2H_6, o estudante deixou de representar a fórmula correta de substâncias envolvidas. Para balancear, o procedimento é escrever coeficientes corretos que igualem o número de átomos de um elemento em ambos os lados da equação:
$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

5 Combustão completa do propano:
$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$
Combustão completa do butano:
$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$

CAPÍTULO 4.
Modelos atômicos e tabela periódica

1 Alternativa D.

Toda a interpretação do gráfico se referirá ao valor de $Z = 50$ no eixo das abscissas (eixo *x*). Se a alternativa B fosse correta, haveria apenas um ponto no gráfico para $Z = 50$ e esse ponto estaria exatamente sobre a linha $Z = N$. Se as alternativas C e E fossem corretas, haveria um ponto sobre a reta $Z = N$ e mais pontos espalhados até 12 unidades para cima (alternativa C) ou para baixo (alternativa E) da reta $Z = N$. Se a alternativa A fosse correta, haveria pontos de 12 a 24 unidades abaixo da linha $Z = N$. Nenhuma dessas situações é compatível com o gráfico apresentado. A alternativa D implica a existência de pontos, para $Z = 50$, desde 12 até 24 unidades acima da linha $Z = N$, sendo essa consideração compatível com o gráfico apresentado.

2 Alternativa B.

Espera-se encontrar "elementos com propriedades químicas semelhantes ao selênio" no mesmo grupo (família) desse elemento (grupo 16). Consultando a tabela periódica, constatamos que S, Te e Po lá estão.

3 Alternativa D.

O ar atmosférico contém predominantemente nitrogênio e oxigênio. Na tabela fornecida, esses elementos estão indicados, respectivamente, por "%" e "&".

4 **a)** Em ordem crescente de número atômico.

b) Halogênio: grupo 17; metal alcalino: grupo 1; metal alcalinoterroso: grupo 2; calcogênio: grupo 16; e gás nobre: grupo 18.

5 Alternativa C.

O número de elétrons na camada de valência (última camada) indica ser halogênio (grupo 17). E o total de camadas eletrônicas (4) indica ser do quarto período.

6 Alternativa D.

Os dois apresentam 7 elétrons na última camada, sendo, portanto, do mesmo grupo (família), que é o grupo 17, dos halogênios.

CAPÍTULO 5.
Níveis de organização da vida e classificação biológica

1 Alternativa B. Os estudantes devem reconhecer que o gênero e a espécie fazem parte da nomenclatura binomial.

2 Alternativa B. Os estudantes devem reconhecer o significado de um cladograma e identificar que apenas no cladograma **b** o grupo 3 não compartilha um ancestral comum imediato com o grupo que originou os táxons 4 e 5.

3 **a)** Informações podem ser encontradas em: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=76> e <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/lavoisie.htm> (acessos em: 11 mar. 2020).

MODERNA

b) Podem ser citadas, como semelhanças com a Biologia, a existência na Química de um sistema de classificação que agrupa substâncias com propriedades semelhantes sob a designação de um epíteto genérico (por exemplo, ácidos, óxidos etc.) diferenciando-as por um epíteto específico (por exemplo, ácido clorídrico, ácido sulfúrico etc.).

c) Resposta pessoal. Converse com os estudantes sobre a organização em ordem alfabética não ser funcional para a distribuição e a organização dos produtos em um supermercado. Nesse caso, a organização por setores ou categorias é mais eficiente.

d) O desafio é estabelecer, de forma confiável e verificável, as possíveis relações evolutivas. A principal vantagem desse sistema é que permite relacionar os seres vivos com base em uma hipótese científica, que é apresentar uma ancestralidade comum. A desvantagem do sistema é a dificuldade, em muitos casos, de se estabelecer homologias confiáveis. Esse tipo de relação não tem qualquer paralelo com os domínios da Química, porque, em relação ao "mundo" dos átomos e das moléculas, não há um processo de diversificação temporal que reflita o parentesco evolutivo entre seus componentes.

CAPÍTULO 6.
Introdução ao estudo dos movimentos

1 a) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{6\ km}{(55/60)\ h} \Rightarrow v_m = \frac{360}{55}\frac{km}{h} \Rightarrow v_m = \frac{72}{11}\frac{km}{h} \Rightarrow v_m \simeq 6{,}5\ \frac{km}{h}$

Logo, a velocidade média desenvolvida em cada caminhada é aproximadamente 6,5 km/h.

b) Número de passos dados por Raphael para percorrer 3 km: $\frac{3.000\ m}{0{,}75\ m} = 4.000$

Distância percorrida por Pedro:

4.000 passos · (0,70 m/passo) = 2.800 m

Quando Raphael completa sua caminhada, Pedro percorreu 2.800 m.

2 Primeiro, vamos calcular a aceleração do veículo no intervalo de tempo $\Delta t = 10$ s.

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = \frac{v - v_0}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = \frac{10 - 5}{10} \Rightarrow \alpha = \frac{5}{10}$$

$$\therefore\ \alpha = \frac{1}{2}\ m/s^2$$

Agora, utilizamos a equação de Torricelli para encontrar a distância entre os pontos *A* e *B*.

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta s_{AB} \Rightarrow (10)^2 = (5)^2 + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta s_{AB} \Rightarrow \Delta s_{AB} = 100 - 25$$

$$\therefore\ \Delta s_{AB} = 75\ m$$

3 O exercício explora um movimento vertical nas proximidades da superfície terrestre. Lembre os estudantes de fazer uma figura com os dados do enunciado, uma trajetória orientada e com uma origem.

A bolinha é abandonada ($v_0 = 0$) do alto do edifício e demora 3 s para atingir o solo.

Vamos adotar uma trajetória orientada para baixo, com origem no ponto de partida da bolinha ($s_0 = 0$). A aceleração será $\alpha = +10\ m/s^2$.

A função horária do espaço é:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2 \Rightarrow s = 0 + 0 + \frac{10}{2} \cdot t^2 \Rightarrow s = 5 \cdot t^2\ (SI)$$

Para $t = 3$ s, temos: $s = 5 \cdot 3^2 \therefore s = 45$ m

4 A resolução desse exercício pode ser dividida em duas etapas, a primeira abrange a queda livre vertical a partir do repouso da pedra e a segunda o movimento uniforme do som a partir do solo até o alto do prédio. Considerando que o tempo total da queda ao barulho do choque é igual a $\Delta t_{total} = t_{queda} + t_{som} = 4{,}25$ s, temos:

- Orientando a trajetória vertical para baixo ($\alpha = 10\ m/s^2$):

$$s = s_0 + v \cdot t_{queda} + \frac{\alpha \cdot t_{queda}^2}{2} \Rightarrow 80 = 0 + 0 \cdot t_{queda} + 5 \cdot t_{queda}^2 \Rightarrow t_{queda}^2 = \frac{80}{5}$$

$$\therefore\ t_{queda} = 4\ s$$

MODERNA

- Como o som se propaga com velocidade constante e o tempo de queda foi igual a 4 s, podemos concluir que, após a pedra tocar o solo, o som demorou 0,25 s para chegar aos ouvidos do menino, assim:

$v_{som} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_{som} = \frac{80}{0{,}25} \therefore v_{som} = 320 \text{ m/s}$

5 Alternativa E.

Podemos calcular a redução de tempo Δt por:

$\Delta t = \Delta t_{antes} - \Delta t_{depois} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v_{antes}} - \frac{\Delta s}{v_{depois}} \Rightarrow \Delta t = \frac{22{,}5}{70} - \frac{22{,}5}{90} \Rightarrow \Delta t = \frac{45}{630} \therefore \Delta t = \frac{1}{14} \text{ h}$

Agora, precisamos converter esse valor para minutos e segundos.

$\Delta t = \frac{1}{14} \text{ h} \Rightarrow \Delta t = \frac{60}{14} \text{ min} \Rightarrow \Delta t = 4 \text{ min} + \frac{4}{14} \text{ min} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t = 4 \text{ min} + \frac{4 \cdot 60}{14} \text{ s} \Rightarrow \Delta t = 4 \text{ min } 17 \text{ segundos}$

6 Alternativa E.

Nesse exercício o motorista atento começa a desacelerar com 5,00 m/s² a partir de uma velocidade inicial igual a 14 m/s. Aplicando as informações na equação de Torricelli, temos:

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta s \Rightarrow 0^2 = (14)^2 + 2 \cdot (-5{,}00) \cdot \Delta s_1 \Rightarrow \Delta s_1 = \frac{196}{10}$

$\therefore \Delta s_1 = 19{,}6 \text{ m}$

Para o motorista desatento, vamos separar o exercício em duas etapas. A primeira ocorre enquanto ele acelera o veículo com uma aceleração igual a $\alpha_1 = 1{,}00 \text{ m/s}^2$ de uma velocidade $v_0 = 14$ m/s até a velocidade $v = 15$ m/s; na segunda etapa, ele desacelera o automóvel com uma desaceleração igual a $\alpha_2 = -5{,}00 \text{ m/s}^2$ até parar, assim, temos:

- $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha_1 \cdot \Delta s_2 \Rightarrow (15)^2 = (14)^2 + 2 \cdot (1{,}00) \cdot \Delta s_2 \Rightarrow \Delta s_2 = \frac{29}{2}$
  $\therefore \Delta s_2 = 14{,}5 \text{ m}$
- $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha_2 \cdot \Delta s'_1 \Rightarrow 0^2 = (15)^2 + 2 \cdot (-5{,}00) \cdot \Delta s'_1 \Rightarrow \Delta s'_1 = \frac{225}{10}$
  $\therefore \Delta s'_1 = 22{,}5 \text{ m}$

Dessa forma, o motorista desatento percorre um total de: $\Delta s_{2_{total}} = 22{,}5 + 14{,}5 \therefore \Delta s_{2_{total}} = 37 \text{ m}$

Comparando com o deslocamento do motorista atento, o motorista desatento percorre um total de: (37 m – 19,6 m) 17,4 m

7 A propagação se dá ao longo de uma distância de $\Delta s = 0{,}2$ m em um intervalo de tempo $\Delta t = 0{,}01$ s. Assim, sua velocidade média é: $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{0{,}2}{0{,}01}$

$\therefore v_m = 20 \text{ m/s}$

Sendo a velocidade diretamente proporcional à raiz quadrada do diâmetro, com um diâmetro duas vezes maior, a velocidade será multiplicada por $\sqrt{2}$, assim:

$v'_m = 20 \cdot \sqrt{2} \therefore v'_m \simeq 28 \text{ m/s}$

Para encontrar o intervalo de tempo, temos:

$v'_m = \frac{\Delta s}{\Delta t'} \Rightarrow \Delta t' = \frac{\Delta s}{v'_m} \Rightarrow \Delta t' = \frac{0{,}2}{28} \therefore \Delta t' \simeq 0{,}007 \text{ s}$

CAPÍTULO 7.
Citologia (I): Membrana celular e citoplasma

1 Resposta pessoal. Essa atividade, ao incentivar a expressão das informações em linguagem artística, favorece a ampliação da compreensão de processos e fenômenos naturais por meio de diferentes linguagens e contextos.

2 Alternativa C. As proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso chegam ao complexo golgiense, onde são empacotadas em bolsas membranosas e exportadas, isto é, enviadas para fora da célula.

3 1. a; 2. c; 3. d; 4. b. O esquema mostra algumas relações entre organelas celulares e pode ser utilizado como síntese de parte do capítulo. Se considerar adequado, peça aos estudantes que desenvolvam outros esquemas para mostrar relações celulares diferentes.

MODERNA

4 As enzimas são proteínas sintetizadas pelo retículo endoplasmático rugoso. O complexo golgiense, por sua vez, é responsável por selecionar, empacotar e secretar enzimas com função extracelular para o meio fora da célula.

5 Resposta pessoal. Informações podem ser encontradas em:

<http://www.cbpf.br/~desafios/index_l.php?p=nanociencia/pres_nano>

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>

<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=10633>

<http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano01.htm>

<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=1257&tit=Roupas-com-nanotecnologia>

<http://www.temasbio.ufscar.br/?q=artigos/nanotecnologia-aliada-%C3%A0-sa%C3%BAde>

<http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2>

(acessos em: 22 jun. 2020)

CAPÍTULO 8.
Citologia (II): Núcleo celular, cromossomos e mitose

1 Alternativa D. Ao impedir a formação do fuso acromático, não ocorrerá separação cromossômica e cada célula ficará com 8 cromossomos. Entretanto, como a fase de síntese de DNA (duplicação cromossômica) não é bloqueada, haverá 16 cromátides.

2 Alternativa C. Se não ocorresse a duplicação do DNA a cada ciclo de divisão celular, haveria redução de material genético nas células a cada geração.

3 **a)** O termo repouso para a intérfase é inapropriado, pois durante toda essa fase ocorre intensa atividade de síntese de RNA, além de síntese de DNA no período S.

b) A maior quantidade de DNA ocorre logo ao término da fase S, na fase G2, quando todo o DNA está duplicado.

c) Apresentam 2 cromátides.

4 **a)** A não formação de microtúbulos impede a divisão celular, pois essas estruturas, formadas na prófase da mitose, são responsáveis pela separação e migração das cromátides-irmãs para os polos opostos da célula.

b) Estruturas celulares que também apresentam uma bicamada lipídica são a membrana plasmática e a carioteca. A composição similar da membrana dos lipossomos e da membrana plasmática favorece sua fusão, com passagem do conteúdo lipossômico para o interior da célula.

A análise da propriedade do medicamento para aplicação como tratamento de saúde colabora para desenvolver a **EM13CNT307**, que trata da análise de propriedades dos materiais na avaliação da adequação de seu uso em diferentes aplicações.

5 **a)** No esquema pode-se ver dois conjuntos de 4 cromossomos migrando para polos opostos da célula, o que corresponde à anáfase da mitose de uma célula somática. Sabendo que a célula em questão é diploide ($2n$) e apresenta 4 cromossomos, conclui-se que uma célula haploide desse organismo terá 2 cromossomos ($n = 2$).

b) A célula representada é de um animal. Podem ser citadas as seguintes características: citocinese centrípeta, presença de centríolos e ausência de parede celular.

6 Resposta pessoal. Espera-se que o estudante identifique que a difração de raios X é um fenômeno em que átomos de uma estrutura cristalina causam interferência nas ondas de um feixe incidente de raios X, o que permite a um especialista determinar a estrutura atômica e molecular do cristal, com base nos ângulos e intensidade dos feixes difratados registrados em um filme sensível à radiação. A difração de raios X é utilizada para caracterizar o arranjo atômico e molecular de materiais cristalinos como minerais e compostos orgânicos cristalizados. Foi por meio dessa técnica que se

determinou a estrutura em dupla-hélice do DNA, a estrutura espacial de moléculas de RNA transportadores e de moléculas de hemoglobina, entre outras. Mais informações disponíveis em:

<http://cpmtc-igc-ufmg.org/laboratorios2.htm>

<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9965/9965_5.PDF>. Acessos em: 6 maio 2020.

CAPÍTULO 9.
Ligações químicas interatômicas

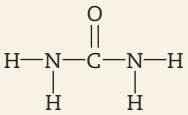
1 Alternativa E.

A distância entre dois átomos unidos quimicamente é determinada por um compromisso entre forças atrativas e repulsivas. Ela pode ser comparada à distância entre dois objetos apoiados sobre um plano horizontal e ligados às extremidades de uma mola. Uma compressão da mola, a fim de aproximar os objetos, requer a realização de trabalho sobre o sistema, o que aumenta sua energia potencial (armazena energia na mola comprimida). No cristal descrito no enunciado, a compressão aproximou átomos ligados e armazenou energia no sistema.

2 Alternativa D.

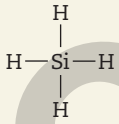
Se o arsênio (As) substitui o fósforo (P) em uma molécula é porque ambos fazem o mesmo número de ligações covalentes. Essa semelhança decorre de ambos apresentarem o mesmo número de elétrons de valência (5), isto é, mesma configuração eletrônica da camada de valência, pois pertencem ao mesmo grupo (15) da tabela periódica.

3



4 Alternativa D.

O silício, do grupo 14, tem 4 elétrons de valência. O hidrogênio tem 1 elétron de valência. Sendo assim, a fórmula estrutural é:



e, portanto, a fórmula molecular é SiH_4.

5 Alternativa A.

Não metais: C, H, N, Cl. Metal: Na. Com isso, apenas o NaCl é iônico. As demais espécies (CH_4 e NH_3) são moleculares, nas quais seus átomos unem-se por ligação covalente.

6 Alternativa A.

Essa é uma questão muito rica, que se recomenda realizar em grupos, para que os estudantes pesquisem o significado dos termos que desconhecem e troquem ideias a respeito deles.

Pelas propriedades descritas no enunciado, a grafita pode ser usada como lubrificante (é assim empregado em fechaduras) e condutores de eletricidade (o que inclui o cátodo de baterias alcalinas, isto é, seu polo positivo). Ao contrário, não se presta a aplicações que exijam dureza (resistência ao risco e ao desgaste), tais como brocas e ferramentas para riscar, amolar e polir.

7 Alternativa B.

As afirmações I, IV e V são corretas. O erro de II é que o NaCl não apresenta ligação metálica, mas iônica. O erro de III é que o CO_2 é substância molecular e não apresenta temperatura de ebulição alta.

8 Alternativa A.

O cátion de metal do grupo 2 é bivalente, M^{2+}. Assim, considerando a neutralidade elétrica dos compostos, o óxido deve ter fórmula MO, ou seja, $(M^{2+})_1(O^{2-})_1$, e o cloreto deve ter fórmula MCl_2, isto é, $(M^{2+})_1(Cl^-)_2$.

9 Alternativa E.

As substâncias HCl, H_2O_2, NH_3 e CO_2 são constituídas de moléculas. A substância Al_2O_3 é constituída de cátions alumínio (Al^{3+}) e ânions óxido (O^{2-}).

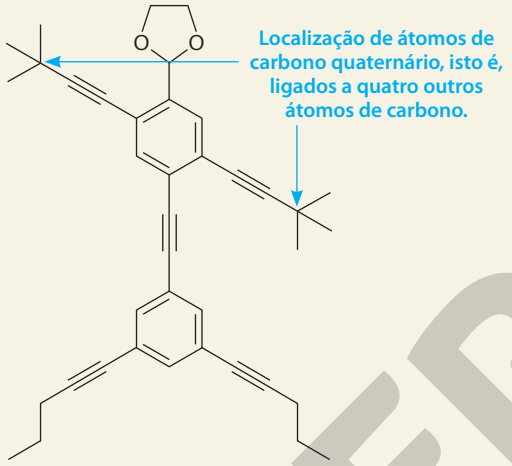
MODERNA

10 Alternativa C.

Consultando a tabela periódica, constata-se que o elemento de número atômico 11 (sódio) está no grupo 1 e o de número atômico 8 (oxigênio) está no grupo 16. O composto desses dois elementos é iônico, tem fórmula A_2B (Na_2O), é sólido a 25 °C e 1 atm, apresenta temperatura de fusão relativamente alta e é condutor de corrente elétrica quando fundido.

CAPÍTULO 10.
Fundamentos dos compostos orgânicos

1 Alternativa A.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

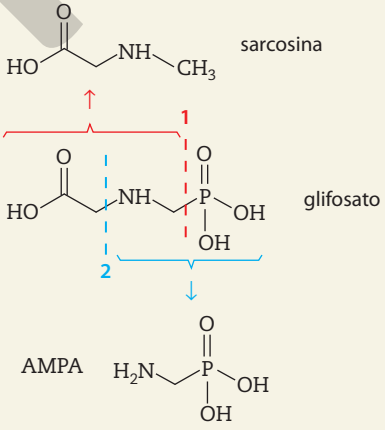
2 I. C_5H_{10}; II. C_5H_6; III. C_8H_{18}; IV. $C_{13}H_{16}$.

3 Alternativa D.

Há duas ligações duplas C=C e duas ligações duplas C=O na molécula; portanto, quatro ligações duplas ao todo. Existem 12 átomos de carbono na parte cíclica da cadeia carbônica do composto e 2 átomos de carbono em ramificações CH_3; portanto, 14 átomos de carbono ao todo.

4 Alternativa B.

De todas as fórmulas estruturais apresentadas nas alternativas, apenas a mostrada abaixo pode gerar os dois produtos mencionados: sarcosina e AMPA. A clivagem da molécula na linha **1** produz a sarcosina e a quebra na linha **2** produz o AMPA:



5 Alternativa C.

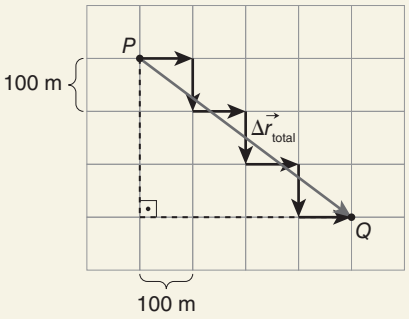
A cadeia carbônica da molécula é heterogênea porque inclui heteroátomos (os dois átomos de nitrogênio), é saturada porque não contém ligação dupla (note que a dupla C=O não se inclui na cadeia, já que o oxigênio não está entre carbonos) e é ramificada (cíclica ramificada) porque existem quatro átomos de carbono (nos grupos CH_3) que não fazem parte do ciclo.

MODERNA

CAPÍTULO 11.
Estudo e aplicações dos vetores

1 Alternativa B.

O vetor deslocamento do transeunte, $\Delta\vec{r}_{total}$, tem origem em P e extremidade em Q. O segmento $\overline{PQ}$ é a hipotenusa de um triângulo retângulo, cujo cateto horizontal mede 400 m e o cateto vertical mede 300 m.

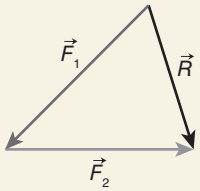


$\Delta\vec{r}_{total}^{\,2} = (300)^2 + (400)^2 \Rightarrow \Delta r_{total}^{\,2} = 250.000$

$\therefore\ \Delta r_{total} = 500$ m

2 Alternativa D.

Utilizando o método da linha poligonal para somar os vetores $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, obtemos a figura a seguir.



Portanto, o vetor resultante $\vec{R}$ terá origem na origem de $\vec{F}_1$ e extremidade na extremidade de $\vec{F}_2$.

3 Alternativa D.

I. Correta. Considerando-se uniforme o campo gravitacional, a trajetória é um arco de parábola.

II. Incorreta. Se o atacante acompanha a bola estando sempre debaixo dela, seu movimento é retilíneo e uniforme, tal como o movimento horizontal da bola.

III. Correta. Para o atacante, a bola tem apenas o movimento vertical, já que os módulos de suas velocidades horizontais são iguais.

4 Alternativa B.

No ponto mais alto da trajetória, o corpo tem apenas a componente horizontal da velocidade inicial:

$v_{0_x} = v_0 \cdot \cos 60° \Rightarrow v_{0_x} = 40 \cdot \frac{1}{2} \therefore\ v_{0_x} = 20$ m/s

Componente vertical da velocidade inicial:

$v_{0y} = v_0 \cdot \text{sen } 60° \Rightarrow v_{0_x} = 40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \therefore\ v_{0_x} = 20\sqrt{3}$ m/s

Assim, para a altura máxima, temos:

$v_y^2 = v_{0_y}^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta y \Rightarrow 0^2 = (20\sqrt{3})^2 + 2 \cdot (-10) \cdot h_{máx} \therefore\ h_{máx} = 60$ m

5 Considerando o vetor $\vec{L}_1$ como resultante do crescimento do broto de feijão devido ao fototropismo provocado pela luz do Sol e devido à adição de uma segunda fonte de luz (Fig. 1), podemos obter o movimento resultante da planta através da soma de vetores pelo método da linha poligonal, como indicado na figura 2.

figura 1

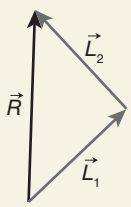


figura 2

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

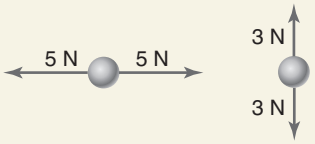
MODERNA

CAPÍTULO 12.
Leis de Newton

1 Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera vai se mover em um plano horizontal e sem atrito. Dessa forma, a força resultante sobre a esfera será nula e, de acordo com o princípio da inércia, se a força resultante sobre o corpo é nula, a velocidade vetorial é constante (repouso ou movimento retilíneo e uniforme).

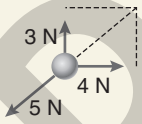
Alternativa A.

2 Para o corpo se movimentar em linha reta com velocidade constante (MRU), pelo princípio da inércia, a força resultante sobre ele deve ser nula. Devemos, então, aplicar uma força que equilibre a força resultante que está agindo sobre o corpo. Nos casos **a** e **b**, uma única força age sobre o corpo e a força adicional deve se opor a ela.

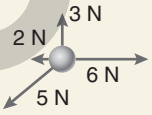


Nos casos **c** e **d**, as forças atuantes têm mesma direção e a força resultante pode ser facilmente calculada. A força a ser adicionada ao sistema deve equilibrar a resultante das duas forças que agem no corpo.

Observe que, no caso **e**, temos a atuação de duas forças perpendiculares entre si, a resultante pode ser obtida pelo teorema de Pitágoras e, mais uma vez, a força adicional deve ser oposta à força resultante obtida.



No caso **f**, temos uma situação que envolve dois dos casos anteriores: forças de mesma direção, mas de sentidos opostos (2 N e 6 N), e uma terceira força perpendicular às anteriores.



3 Para S, a explicação é a seguinte: o carro diminui sua velocidade, pois recebe dos freios e do solo uma força contrária ao seu movimento, enquanto o passageiro tende a continuar com a mesma velocidade do carro até receber do banco dianteiro uma força em sentido contrário, para também começar a diminuir sua velocidade. Para S, a força que o passageiro recebe do banco dianteiro é necessária para vencer a inércia de movimento. Para V, a explicação é outra: o passageiro está "em repouso" e, de repente, passa a atuar sobre ele uma força que o lança para a frente. Essa força é denominada força inercial. No referencial do veículo, o passageiro está em repouso, e a força inercial é necessária para vencer sua inércia de repouso. As forças inerciais não existem para observadores que estão em um referencial inercial; elas existem somente para observadores que estão em referenciais não inerciais, isto é, referenciais com aceleração.

4 A força peso de um corpo e a força de contato normal não são um par de forças de ação e reação: o peso é uma força de natureza gravitacional e é exercida pelo planeta sobre os corpos em sua superfície, e a força normal é uma força de natureza elétrica entre o corpo e a superfície com a qual ele está em contato. Ambas as forças estão aplicadas sobre o mesmo corpo, mais um motivo para não serem um par de forças de ação e reação.

5 As forças resultantes que atuam nos dois corpos, *A* e *B*, têm a mesma intensidade e agem durante o mesmo intervalo de tempo. Nesse intervalo de tempo, o corpo *A* sofre menor variação de velocidade e, portanto, fica submetido a menor aceleração.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

Como a aceleração adquirida pelo corpo é inversamente proporcional à massa, $F_{res} = m \cdot a$, podemos concluir que o corpo A, que adquire a menor aceleração, é o de maior massa.

6 Alternativa C.

Como não foram especificadas as direções das forças, devemos supor que elas poderão assumir duas direções quaisquer. Entretanto, a resultante das duas forças deverá estar num intervalo entre 1,0 N, quando as duas forças estiverem em uma mesma direção, mas em sentidos opostos, e 2,0 N, quando as duas forças estiverem em uma mesma direção e no mesmo sentido. Ou seja: $1{,}0\ \text{N} \leqslant F_{res} \leqslant 2{,}0\ \text{N}$. Mas $F_{res} = m \cdot a$ e $m = 0{,}250\ \text{kg}$.

Então: $1{,}0 \leqslant 0{,}250 \cdot a \leqslant 2{,}0 \ \therefore \ 4{,}0\ \text{m/s}^2 \leqslant a \leqslant 8{,}0\ \text{m/s}^2$

Dos valores apresentados nas alternativas, o único que está nessa faixa de valores é $7{,}0\ \text{m/s}^2$.

7 **a)** Nas condições do enunciado, a gota descreverá um movimento uniformemente variado, com aceleração igual à da gravidade.

Utilizando a função horária da velocidade, temos:

$v = v_0 + g \cdot t$

Admitindo que a gota parte do repouso, temos:

$v = 10 \cdot 25 \ \therefore \ v = 250\ \text{m/s}$

b) A velocidade da gota de chuva na chegada ao solo (250 m/s, equivalente a 900 km/h) seria maior que a velocidade de uma bala de fuzil; assim, tomar chuva poderia ser uma experiência muito perigosa.

CAPÍTULO 13.
Reprodução, meiose e embriologia animal

1 Alternativa E. Retome a atividade *Dialogando com o texto* da página 155, comparando os anexos embrionários de mamíferos com os das aves e répteis.

2 Alternativa D. É interessante comentar todas as alternativas do exercício, o que permite revisar o conteúdo estudado. A blastocela é a cavidade da blástula cheia de líquido; a mesoderme é o folheto germinativo que dará origem aos músculos e ossos, e aos sistemas cardiovascular, urinário e genital; a placenta é a estrutura responsável pela nutrição do embrião, sendo formada por tecidos do embrião e do útero materno; o tubo neural é formado a partir da ectoderme e dará origem ao sistema nervoso.

3 Resposta pessoal. Se julgar conveniente, comente com os estudantes o que ocorreu em Cubatão, local que ficou conhecido como Vale da Morte em virtude dos índices altíssimos de poluição. Comente também que, nessa época, a cidade de Cubatão registrou números alarmantes de anencefalia (fetos sem encéfalo), atribuídos à poluição. Essa atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT203**, ao possibilitar a avaliação dos efeitos das intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, com base nos ciclos da matéria; **EM13CNT207**, ao propor a análise e discussão de condições de vulnerabilidade relacionadas aos desafios contemporâneos aos quais os jovens estão expostos, desenvolvendo ações de prevenção da saúde e bem-estar; **EM13CNT302**, na medida em que os estudantes produzem uma notícia jornalística para comunicar as discussões; **EM13CNT303**, ao interpretar textos de divulgação científica; e **EM13CNT310**, ao analisar a relação entre poluição atmosférica e efeitos na qualidade de vida e condições de saúde.

MODERNA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES DO VOLUME

Capítulo 1 – O conhecimento científico e as ciências da natureza

CONSTENLA, T. O papel das mulheres na história das ciências. *El país*. 17 set. 2017. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2017/09/14/cultura/1505400027_400435.html>. Acesso em: 16 jun. 2020.

A reportagem aborda o papel de algumas mulheres cientistas na História das Ciências e a importância das descobertas de suas pesquisas.

GURGEL, I. Sobre a importância da História das Ciências. *Jornal da USP*. 01. nov. 2017. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/sobre-a-importancia-da-historia-das-ciencias/>. Acesso em: 16 jun. 2020.

A reportagem fala sobre o papel da História das Ciências e como ela vem sendo abordada atualmente pelos cientistas.

IGNOTOFSKY, R. *As cientistas:* 50 mulheres que mudaram o mundo. 1. ed. São Paulo: Blutcher, 2017.

O livro traz as contribuições de cinquenta mulheres em diferentes áreas da Ciência, da Tecnologia, da Engenharia e da Matemática, desde o mundo antigo até o contemporâneo.

Capítulo 2 – Unidades de medida

Consideramos que discutir o método científico requer atenção mais cuidadosa e acadêmica. Por essa razão, sugerimos as leituras a seguir.

AMORIM, R.; FEISTEL, R. A. B. Interdisciplinaridade no ensino de Física: algumas discussões. *Revista de Eventos Pedagógicos*, v. 8, n. 1, 21. ed., p. 507-533, jan./jul. 2017.

O artigo busca expor um panorama sobre a interdisciplinaridade no contexto educacional. Para tanto, apresenta uma revisão na literatura acerca das compreensões de interdisciplinaridade apresentadas por alguns pesquisadores, em documentos oficiais e em periódicos da área de ensino de Ciências.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. *In*: PIETROCOLA, Maurício (org.). *Ensino de Física*: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001.

Esse livro pretende contribuir para um projeto epistemológico de formação do professor de Física, discutindo o ensino desse componente curricular de uma perspectiva interdisciplinar.

LAPA, J. M.; BEJARANO, N. R.; PENIDO, M. C. M. *Interdisciplinaridade e o ensino de ciências:* uma análise da produção recente. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0065-1.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Há algum tempo, a discussão sobre interdisciplinaridade tem sido foco de vários debates no âmbito da educação. Com o objetivo de mapear alguns aspectos dessa discussão, o artigo faz um levantamento da produção recente sobre as interações entre disciplinas dentro do ensino de ciências. A partir do estudo foram construídas cinco categorias que permitiram classificar e identificar as interações entre os componentes curriculares com o ensino de ciências.

STEFFENS, C. A.; VEIT, E. A.; SILVEIRA, F. L. da. *Uma introdução ao processo da medição no Ensino Médio*. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v19n2_Steffens_Veit_Silveira.pdf>. Acesso em: 30 jun 2020.

O texto apresenta os conceitos fundamentais sobre a medição, envolvendo os assuntos grandezas, grandezas físicas escalares e vetoriais, fundamentais e derivadas, a medição como processo, unidades de medida, medidas diretas e indiretas. A consulta pode auxiliar o professor no planejamento de suas aulas sobre os conteúdos do capítulo.

Capítulo 3 – Elementos, substâncias e reações químicas

FILGUEIRAS, C. A. L. *Lavoisier e o estabelecimento da Química Moderna*. São Paulo: Odysseus, 2002. (Coleção Imortais da Ciência).

Apresenta um panorama da Química na época de Lavoisier e mostra a importância desse cientista na mudança de alguns aspectos do pensamento químico.

LOPES, A. R. C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*, n. 2, 1995. p. 7-9.

A autora tece comentários sobre abordagens do tema *reações químicas* que podem induzir à formação distorcida desse conceito.

MAAR, J. H. *Pequena história da Química*. Primeira parte: dos primórdios a Lavoisier. 2. ed. Florianópolis: Conceito Editorial, 2008.

O livro apresenta informações sobre o longo processo histórico que conduziu o estabelecimento da Química como Ciência.

MALDANER, O. A.; PIEDADE, M. C. T. Repensando a Química. *Química Nova na Escola*, n. 1, 1995. p. 15-19.

Os autores fazem um relato de sala de aula sobre o enfoque da combustão como uma transformação química, destacando obstáculos ao início do desenvolvimento do pensamento químico.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações. Concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, n. 2, 1995. p. 23-26.

Esse artigo enfoca a passagem do nível fenomenológico para o nível atômico-molecular no aprendizado do tema *reações químicas*, destacando a conservação da massa como via de que o professor dispõe para conduzir os estudantes de um nível a outro.

RONAN, C. A. *História ilustrada da Ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. v. 1-4.

No volume 3 podem ser encontradas informações sobre a vida e a obra de Lavoisier. O volume 4 inclui o impulso da Química a partir da formulação da teoria atômica de Dalton e a consolidação do atomismo na entrada do século XX.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 7, 2007. p. 4-12.

Os autores apresentam informações históricas que conduziram a elaboração da teoria atômica por John Dalton.

Capítulo 4 – Modelos atômicos e tabela periódica

ABDALLA, M. C. *Bohr*: o arquiteto do átomo. São Paulo: Odysseus Editora, 2002. (Coleção Imortais da Ciência).

Livro que aborda contribuição do dinamarquês Niels Bohr para a visão científica acerca do átomo.

ALMEIDA, W. B.; SANTOS, H. F. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 6-13.

Os autores apresentam os principais aspectos relacionados ao conceito e ao formalismo da Química Quântica.

BRENNAN, R. P. *Gigantes da Física*: uma história da Física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. (Coleção Ciência e Cultura).

Há pelo menos quatro capítulos que podem interessar ao professor de Química. Eles abordam as biografias de Max Planck, Ernest Rutherford, Niels Bohr e Werner Heisenberg.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de *Les Atomes*. *Química Nova na Escola*, n. 17, 2003. p. 36-38.

O autor relata a importância do livro *Les Atomes*, de Jean Perrin, publicado em 1913, um marco na história da Ciência por reunir evidências sobre a existência de átomos e moléculas. (Perrin recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1926.)

CHAGAS, A. P.; ROCHA-FILHO, R. C. Sobre os nomes dos elementos químicos, inclusive dos transférmios. *Química Nova*, v. 22, n. 5, 1999. p. 769-773.

Os autores apresentam proposta aprovada pelo Comitê Brasileiro para Assuntos de Química junto à IUPAC. O artigo inclui considerações etimológicas sobre os nomes de alguns elementos e também a grafia sugerida para aqueles que aparecem grafados de modos diferentes na literatura.

CHAGAS, A. P.; ROCHA-FILHO, R. C. Nomes recomendados para os elementos químicos. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 11-13.

Trata-se de uma versão condensada da referência anterior.

CHASSOT, A. Sobre prováveis modelos de átomos. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. p. 3.

O autor faz considerações sobre a elaboração de modelos científicos.

DUARTE, H. A. Carga nuclear efetiva e sua consequência para a compreensão da estrutura eletrônica dos átomos. *Química Nova na Escola*, n. 17, 2003. p. 22-26.

Devido ao efeito de blindagem das camadas eletrônicas mais internas, os elétrons da camada de valência não são atraídos efetivamente pela carga total positiva do núcleo, mas por uma carga menor, a carga nuclear efetiva, cujo cálculo leva em conta não apenas a atração nuclear, mas também as repulsões exercidas pelos elétrons das camadas mais internas (repulsão que constitui o efeito de blindagem). Discutir essa carga nuclear efetiva que atua sobre os elétrons de valência é o tema desse artigo.

FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a Química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. p. 22-25.

Nesse artigo, o autor apresenta a importância que os meios espectroscópicos de investigação tiveram para a descoberta de novos elementos.

GRACETTO, A. C.; HIOKA, N.; SANTIN FILHO, O. Combustão, chamas e testes de chama para cátions: proposta de experimento. *Química Nova na Escola*, n. 23, 2006. p. 43-48.

Os autores apresentam uma sugestão de atividade prática referente ao teste da chama para a identificação de cátions por meio da coloração da luz emitida.

MEDEIROS, A. Aston e a descoberta dos isótopos. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. p. 32-37.

O autor relata um dos trechos da história da Ciência que é pouco conhecido dos químicos e dos professores de Química em geral.

MODERNA

NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. *Química Nova na Escola*, n. 19, 2004. p. 39-42.

Comenta a utilização do fenômeno da fluorescência como estratégia para o desenvolvimento do modelo de Bohr e propõe experimentos com materiais relativamente simples de obter.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade. *Química Nova na Escola*, n. 16, 2002. p. 21-25.

A autora estabelece um relato da evolução da conceituação científica de elemento químico.

PIZA, A. F. R. T. *Schrodinger & Heisenberg*: a Física além do senso comum. São Paulo: Odysseus Editora, 2003. (Coleção Imortais da Ciência).

Livro que apresenta as contribuições do austríaco Erwin Schrodinger e do alemão Werner Heisenberg para o estabelecimento da Mecânica Quântica como importante ramo da Física e da Química.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. O átomo e a tecnologia. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. p. 4-7.

Esse artigo apresenta o estudo da estrutura do átomo como rica fonte de fatos que explicaram fenômenos do dia a dia ou resultaram em importantes aplicações práticas.

Capítulo 5 – Níveis de organização da vida e classificação biológica

ARAÚJO, L. O. de; COSTA, A. L. da; COSTA, R. R. da; NICOLELI, J. H. Uma abordagem diferenciada da aprendizagem de sistemática filogenética e taxonomia zoológica no Ensino Médio. *X Congresso Nacional de Educação*. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, nov. 2011. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/CD2011/pdf/4302_3411.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

Trabalho apresentado em congresso que pode ajudar a orientar como abordar esses conteúdos com os estudantes.

e-Aulas: Portal de videoaulas. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://eaulas.usp.br/portal/course.action?course=4595>. Acesso em: 11 mar. 2020.

Portal com videoaulas sobre sistemática filogenética que ajudam a compreender como representar e analisar o parentesco evolutivo dos seres vivos.

Capítulo 6 – Introdução ao estudo dos movimentos

MACLACHLAN, J. *Galileu Galilei*: o primeiro físico. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

Boa parte do que sabemos sobre as leis da ciência deve-se a Galileu Galilei. Com seus estudos de Filosofia, Matemática, música, Astronomia e engenharia, Galileu estabeleceu princípios que moldaram os alicerces da Física atual. Esse livro conta a história desse cientista revolucionário e de seus esforços para mudar nosso modo de ver o Universo. Apesar de censurado e repudiado por suas ideias sobre o movimento da Terra, Galileu persistiu na busca de verdades científicas e legou às futuras gerações a inspiração para desafiar conhecimentos arraigados. A história da educação de Galileu, de sua vida, as teorias sobre o movimento dos corpos em queda, os experimentos com pêndulos e suas importantes descobertas com o telescópio são explicados nessa biografia. Com linguagem acessível, muitas imagens, gráficos, cronologia e indicação de leituras complementares, esta é uma das mais esclarecedoras obras sobre o tema.

NAESS, A. *Galileu Galilei:* um revolucionário e seu tempo. Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

Uma biografia à altura da vida extraordinária de Galileu, matemático, físico, astrônomo, filósofo, revolucionário, condenado por heresia pela igreja Católica. O escritor norueguês Atle Naess faz um retrato minucioso e fascinante do homem que mudou a forma de vermos o mundo e fundou a ciência moderna. A obra aborda sua infância, o julgamento pela Inquisição já no fim da vida, passando por todo o caminho que levou às descobertas revolucionárias na Física, na Astronomia e na Matemática.

Capítulo 7 – Citologia (I): Membrana celular e citoplasma

KHAN ACADEMY. *O modelo mosaico fluido da membrana plasmática*. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/membranes-and-transport/the-plasma-membrane/v/fluid-mosaic-model-of-cell-membranes>. Acesso em: 16 jun. 2020.

Videoaula que mostra simplificadamente a estrutura da membrana plasmática e seus componentes.

LOTHHAMMER, N.; MATTE, C.; CRUZ, P. F.; SEHN, F.; FERNANDES, M. C. *Biologia Celular – Atlas Digital*. Porto Alegre: UFRGS/UFCSPA, 2009. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/biologiacelularatlas/index.htm>. Acesso em: 16 jun. 2020.

Portal com acervo digital de registros micrográficos de estruturas celulares.

Capítulo 8 – Citologia (II): Núcleo celular, cromossomos e mitose

KHAN ACADEMY. *Câncer e o ciclo celular*. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/cellular-molecular-biology/stem-cells-and-cancer/a/cancer>. Acesso em: 6 maio 2020.

Artigo que explica, de forma simplificada, os mecanismos de controle do ciclo celular que podem apresentar defeitos em células cancerosas.

UNICAMP. Laboratório de Tecnologias Educacionais. *Divisão celular*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9bLQegsYoFk>. Acesso em: 16 jun. 2020.

Vídeo da série *Viagem à Célula* do Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Estadual de Campinas, ilustra as etapas da mitose e os principais acontecimentos em cada uma de suas fases por meio de imagens reais de micrografia.

Capítulo 9 – Ligações químicas interatômicas

BROWN, T. L. *et al*. *Química: a Ciência central*. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

Os capítulos 8 e 9 desse livro universitário de Química Geral apresentam aspectos mais aprofundados das ligações químicas que podem auxiliar o docente a ter uma visão mais ampla do tema.

DUARTE, H. A. Ligações químicas: ligação iônica, covalente e metálica. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 2001. p. 14-23.

O autor enfoca esses três tipos de ligação a partir de conceitos da Química Quântica.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, n. 24, 2006. p. 20-24.

O artigo relata um estudo que envolve sondagem de concepções de estudantes acerca do conceito de ligação química e como utilizá-las para o ensino efetivo desse tema, superando dificuldades cognitivas.

Capítulo 10 – Fundamentos dos compostos orgânicos

ATKINS, P. W. *Moléculas*. São Paulo: Edusp, 2006.

Livro de divulgação científica em que o autor relaciona 160 substâncias, seus modelos moleculares, suas aplicações, propriedades, ocorrência e importância no cotidiano. Fornece ao professor subsídio para a preparação de aulas, pois nele encontrará vários fatos interessantes sobre algumas das principais substâncias químicas. A maior parte das substâncias citadas é orgânica.

BARBOSA, L. C. A. *Introdução à Química Orgânica*. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2004.

Livro universitário que apresenta uma visão geral de estrutura, nomenclatura e reações dos compostos orgânicos, incluindo mecanismos de reações orgânicas.

CURI, D. Polímeros e interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*, n. 23, 2006. p. 19-22.

A autora propõe três experimentos simples: 1) Por que o papel molha? 2) Como funcionam os "cristais de gel" para plantas? 3) Por que as fraldas descartáveis são mais eficientes? Todos esses experimentos envolvem polímeros e estão relacionados ao conceito de interações intermoleculares.

FIORUCCI, A. R.; SOARES, M. H. F.; CAVALHEIRO, E. T. G. A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos. *Química Nova na Escola*, n. 17, 2003. p. 3-7.

Artigo que fornece informações acerca do ácido ascórbico (vitamina C), mencionado no livro do estudante, e sua relevância na manutenção da saúde.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. *Introdução a polímeros*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

Livro que fornece uma visão geral dos polímeros, sua composição, suas propriedades, sua produção e suas aplicações.

MATEUS, A. L. *Química na cabeça*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

Apresenta uma série de experimentos clássicos, que podem ser usados para problematizar e/ou ilustrar pontos da Química do nível médio. A parte 3 do livro, intitulada "Artes plásticas: polímeros em ação", aborda dezesseis experimentos envolvendo polímeros. Os materiais necessários são relacionados, o procedimento é descrito e os resultados esperados são comentados.

RETONDO, C. G.; FARIA, P. *Química das sensações*. Campinas: Átomo, 2006.

O livro perpassa as sensações humanas, como são captadas e interpretadas, dando destaque ao papel das substâncias e reações químicas envolvidas. Como a grande maioria das substâncias apresentadas é orgânica, o livro é útil para a preparação de aulas e de questões de Química Orgânica.

RODRIGUES, J. A. R. Recomendações da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas. *Química Nova na Escola*, n. 13, 2001. p. 22-28. (Veja também errata no n. 14, p. 46.)

Nesse artigo, o representante da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) junto à IUPAC para assuntos de nomenclatura de Química Orgânica resume as principais regras da IUPAC, segundo a versão de 1993, que foi traduzida do original inglês à luz de um acordo celebrado com representantes da Sociedade Portuguesa de Química. Determinações posteriores da IUPAC a respeito da Química Orgânica foram veiculadas (cf. FAVRE, H. A.; POWELL, W. H. *Nomenclature of Organic Chemistry: IUPAC recommendations and preferred names 2013*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014), mas não acarretam mudanças relevantes para o nível de escolaridade de Ensino Médio em relação ao artigo aqui recomendado.

SANTOS, A. S.; SILVA, G. G. O tênis nosso de cada dia. *Química Nova na Escola*, n. 31, 2009. p. 67-75.

Aborda os polímeros utilizados na confecção de tênis e apresenta atividades experimentais de manipulação e de caracterização do solado desse tipo de calçado. Explora também temas correlatos, tais como interações intermoleculares entre cadeias poliméricas, e propõe questões para discussão.

MODERNA

SHREVE, R. N.; BRINK, J. A. *Indústrias de processos químicos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1977.

Livro universitário que apresenta os principais processos químicos utilizados em indústrias. É útil como fonte de consulta sobre matérias-primas e processos de fabricação de muitas substâncias. Entre outros temas, aborda atividades da indústria petroquímica, aquela que utiliza matérias-primas provenientes do petróleo.

WAN, E.; GALEMBECK, E.; GALEMBECK, F. Polímeros sintéticos. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*, n. 2, 2001. p. 5-8.

Os autores apresentam, em linhas gerais, as propriedades das estruturas poliméricas enfocando, entre elas, a transição vítrea, que responde pelas propriedades de algumas resinas presentes no cotidiano (por exemplo, amolecimento da goma de mascar quando é colocada na boca e, portanto, submetida à temperatura corporal).

Capítulo 11 – Estudo e aplicações dos vetores

DESCARTES, R. Discurso do método. Porto Alegre: L&PM, 2005.

Cogito ergo sum. "Penso, logo existo". Tal proposição resume o espírito de René Descartes (1596-1650), filósofo francês que inaugurou a filosofia moderna. Em 1637, em uma época em que a razão ainda não tinha a importância que alcançou depois com o Iluminismo, Descartes publicou *Discurso do método*, redigido em língua vulgar, isto é, o francês. Ele defendia o "uso público" da razão e escreveu o ensaio pensando em uma audiência ampla. Queria que a razão – esse privilégio único dos seres humanos – fosse exatamente isso, um privilégio de todos.

WINTERLE, P. *Vetores e geometria analítica*. São Paulo: Pearson, 2014.

A obra apresenta de forma acessível conteúdos voltados aos cursos de Matemática, Física, Química, ciência da computação e às várias áreas da engenharia, abordando: vetores; produto escalar, vetorial e misto; a reta e o plano; distâncias; cônicas e superfícies quádricas. Trata-se de obra de referência adotada em diversas instituições de ensino.

Capítulo 12 – Leis de Newton

ASSIS, A. K. T. Newton e suas grandes obras: o Principia e o Optica. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Principia-Optica-p37-52(1998).pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

O trabalho tem o objetivo de fazer uma análise da obra de Newton para apontar um caminho para uma possível integração no ensino entre a Física e a Literatura, ou seja, a proposta é abordar a obra do cientista por meio do viés literário. As análises efetuadas com diferentes pontos de vista auxiliam a formação do espírito crítico, levando aos estudantes informações sobre a história da Física.

OLIVEIRA, A. *O enigma do movimento*. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/o-enigma-do-movimento/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

O artigo aborda inércia e gravidade com linguagem acessível e amplia os conceitos relacionando-os com os estudos de Einstein. A leitura pode enriquecer a aprendizagem e ser indicada para os estudantes também.

SCIENTIFIC American Brasil. Newton: pai da Física Moderna. v. 1. (Coleção Gênios da Ciência).

Essa edição especial aborda a vida do físico e matemático Isaac Newton. Ele inventou o cálculo, formulou as leis da mecânica, explicou a natureza da luz e propôs a teoria universal da gravitação. Os artigos narram seu percurso intelectual dentro do contexto sócio-político-cultural da época, revelando um Newton muito diferente da imagem estereotipada que se cristalizou com o tempo.

ZANETIC, J. Dos *Principia* da Mecânica aos *Principia* de Newton. Florianópolis, UFSC, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 5, número especial, p. 23-35, jun. 1988.

O artigo traz uma abordagem histórica dos estudos de Newton e de seus predecessores, desde a Antiguidade clássica até o Renascimento. O autor afirma que: "Pode-se dizer que, com a publicação dos *Principia*, de Isaac Newton, há exatamente trezentos anos, ou, melhor ainda, com a aceitação da mecânica newtoniana, a partir do século XVII, inicia-se uma espécie de 'arqueologia' do pensamento pré-newtoniano, buscando descobrir as raízes, as fontes de inspiração, os personagens, os acontecimentos históricos, enfim, todo o clima que permitiu o nascimento da mecânica moderna". A leitura pode enriquecer as aulas e a aprendizagem dos estudantes.

Capítulo 13 – Reprodução, meiose e embriologia animal

UNIVERSIDADE de São Paulo. *Embriologia Molecular*. Disponível em: <https://embriomol.wordpress.com/>. Acesso em: 16 jun. 2020.

Portal da disciplina Embriologia Molecular oferecido pelo Instituto de Ciências Biomédicas da USP. Nele estão disponíveis diversos vídeos e modelos interessantes dos estágios iniciais de desenvolvimento do embrião de diferentes animais.

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

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

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

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

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

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

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

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

MODERNA PLUS

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

MODERNA

Coordenação editorial: Fabio Martins de Leonardo, Rita Helena Bröckelmann

Edição de texto: Dino Santesso Gabrielli, Flávia Valério Esteves dos Reis, Jeferson Felix da Silva, Júlio Francisco Hisada Pedroni, Marilu Maranho Tassetto, Natalia Leporo Torcato, Caroline Silva de Matos, Felipe Maragni

Assistência editorial: Heloise do Nascimento Calça

Assistência didático-pedagógica: Antônio Carlos Rodrigues de Amorim, Carlos Mariz Teixeira, Maria Carolina Bittencourt, Paulo Alves Porto, Suely Midori Aoki

Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: Otávio dos Santos, Ana Carolina Orsolin

Capa: Daniel Messias

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

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Márcia Cunha do Nascimento

Editoração eletrônica: Setup Editoração Eletrônica

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Ana Paula Felippe, Edna Luna, Nancy H. Dias, Renato da Rocha, Salete Brentan, Tatiana Malheiro, Viviane T. Mendes

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

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

Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues

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

Pré-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)

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

Vários autores.
Obra em 6 v.
Conteúdo: O conhecimento científico -- Água e vida -- Matéria e energia -- Humanidade e ambiente -- Ciência e tecnologia -- Universo e evolução

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

20-39972 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

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

Todos os direitos reservados

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

MODERNA

Apresentação

Prezado estudante,

Enquanto escrevíamos esta coleção de livros sobre as Ciências da Natureza, a humanidade enfrentava uma das maiores tragédias já vivenciadas por nossa espécie: a pandemia do coronavírus, a COVID-19, que está causando a morte de milhares de pessoas em todo o mundo e que pode devastar a economia global. Nossa expectativa é que, quando esta obra for publicada e chegar a suas mãos, o pior já tenha passado.

Essa tragédia certamente nos deixará lições importantes. A crise tem evidenciado, por exemplo, o papel fundamental da Ciência para a sobrevivência da espécie humana em nosso planeta. Termos científicos que antes eram do domínio apenas de especialistas – estatísticas e projeções matemáticas, pandemias, epidemias, estrutura e reprodução dos vírus e das células vivas, endossomos, defesas imunitárias etc. – foram incorporados ao repertório das pessoas leigas. O mundo não será mais o mesmo de antes da pandemia, e a Ciência será mais valorizada e receberá a importância que realmente tem para os cidadãos.

Nesta obra, nossa equipe multidisciplinar de Química, Física e Biologia empenhou todos os esforços para levar ao cotidiano dos estudantes os conceitos realmente importantes. Procuramos eliminar o excesso de detalhes dessas disciplinas, para dar prioridade a uma educação científica mais realista e útil para a formação cidadã necessária a todos.

A integração entre as três especificidades das Ciências Naturais, tanto no conteúdo quanto em sua aplicação, focaliza a participação dos estudantes na pesquisa, na reflexão e na interação com os problemas cruciais que nos atingem. Isso fica evidente na quantidade de atividades que visam mais o aspecto social do que os conhecimentos técnicos de cada área.

Atendendo às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, a quantidade de conteúdos formais foi substancialmente reduzida, ao passo que houve um aumento expressivo da contribuição de atividades individuais e em grupo. Desse modo, os estudantes terão mais motivação para explorar os aspectos abordados nos capítulos.

Nossa expectativa é que, ao perceber os esforços necessários para superar os desafios com os quais a humanidade se depara, os estudantes passem a valorizar a abordagem científica dos fenômenos naturais, utilizando-a para a compreensão da natureza e de nosso papel na trama da vida. Esperamos que se conscientizem de que apenas com a cooperação e a integração de todas as áreas do conhecimento será possível encontrar soluções globais para os problemas enfrentados hoje por nossa espécie. Como sabemos, muitos desses problemas devem-se ao fato de termos negligenciado a integração da humanidade com o planeta do qual fazemos parte. Sairemos mais sábios e mais fortes das crises que nós mesmos geramos e venceremos ao valorizar os conhecimentos que podemos obter na escola e que nos preparam para um futuro melhor. Contra as trevas da ignorância, só nos resta saber mais e compartilhar o conhecimento que vem sendo construído pelo esforço de tantas mulheres e homens dedicados à Ciência.

Os autores

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

MODERNA

Conheça seu livro

Abertura

A abertura apresenta temas relacionados às Ciências da Natureza e indica os assuntos que serão abordados em cada capítulo.

CAPÍTULO 4
MODELOS ATÔMICOS E TABELA PERIÓDICA

Como estudado ao longo do Capítulo 1, as Ciências da Natureza buscam explicar os fenômenos naturais e, para isso, cientistas constantemente formulam e reformulam representações para fundamentar suas hipóteses e teorias. Tais representações se tornaram ferramentas essenciais para construir o que chamamos hoje de modelos científicos.

Atualmente, a definição de **modelos científicos** inclui um conjunto de representações que levam em consideração os fatos observados, os experimentos realizados e as hipóteses formuladas, conforme o consenso da comunidade científica. Com isso, os modelos científicos acabam a descrever, explicar e prever os fenômenos naturais. Por ser uma interpretação humana da realidade, os modelos científicos não são a realidade em si. Portanto, devem ser sempre atualizados à medida que novos fatos são compreendidos e novas hipóteses são provadas.

Em Ciências da Natureza, a concepção de como é algo que não se pode ver ou a que não se tem acesso pode ser feita por meio de um modelo científico. Os átomos de ferro, por exemplo, ainda não são visualizados em detalhes nem mesmo por meio dos microscópios eletrônicos mais avançados. Como o estudo de átomos é fundamental para a Ciência, pois eles apresentam informações básicas sobre a composição da matéria, os cientistas propuseram, com base em estudos, um modelo científico para representá-los.

Chamamos de **modelo atômico** a concepção de como é um átomo. Essa concepção é fundamentada em experimentos e em evidências indiretas. Diferentes modelos atômicos já foram propostos, e a concepção sobre o átomo tem sido alterada ao longo do tempo, à medida que surgem novas evidências. Neste capítulo, estudaremos alguns dos modelos atômicos desenvolvidos ao longo dos anos e suas características.

De olho na BNCC:
- EM13CNT101
- EM13CNT104
- EM13CNT205
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT305
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13CNT309
- EM13LP45

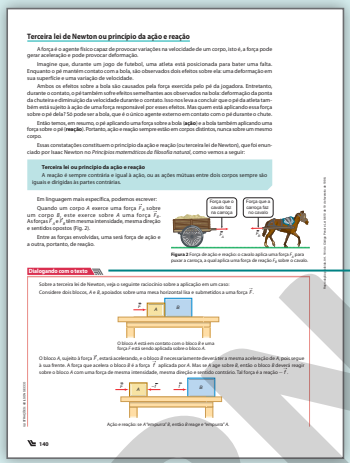
49

De olho na BNCC

Indica as habilidades da BNCC que serão desenvolvidas no capítulo.

Videotutorial

- Assista ao videotutorial com orientações sobre o volume.


Terceira lei de Newton ou princípio da ação e reação

A força é o agente físico capaz de provocar variações na velocidade de um corpo, isto é, a força pode gerar aceleração e pode provocar deformação.

Imagine que, durante um jogo de futebol, uma atleta está posicionada para bater uma falta. Enquanto o pé mantém contato com a bola, são observados dois efeitos sobre ela: uma deformação em sua superfície e uma variação de velocidade.

Ambos os efeitos sobre a bola são causados pela força exercida pelo pé da jogadora. Entretanto, durante o contato, o pé também sofre efeitos semelhantes aos observados na bola: deformação da ponta da chuteira e diminuição da velocidade durante o contato. Isso nos leva a concluir que o pé da atleta também está sujeito à ação de uma força responsável por esses efeitos. Mas quem está aplicando essa força sobre o pé dela? Só pode ser a bola, que é o único agente externo em contato com o pé durante o chute.

Então temos, em resumo, o pé aplicando uma força sobre a bola (**ação**) e a bola também aplicando uma força sobre o pé (**reação**). Portanto, ação e reação sempre estão em corpos distintos, nunca sobre um mesmo corpo.

Essas constatações constituem o princípio da ação e reação (ou terceira lei de Newton), que foi enunciado por Isaac Newton no *Princípios matemáticos de filosofia natural*, como vemos a seguir:

Terceira lei ou princípio da ação e reação

A ação é sempre contrária e igual à ação, ou as ações mútuas entre dois corpos sempre são iguais e dirigidas às partes contrárias.

Em linguagem mais específica, podemos escrever:

Quando um corpo A exerce uma força $\vec{F}_A$ sobre um corpo B, este exerce sobre A uma força $\vec{F}_B$. As forças $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$ têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos (fig. 2).

Entre as forças envolvidas, uma será força de ação e outra, portanto, de reação.

Força que o cavalo faz sobre a carroça ($\vec{F}_A$)
Força que a carroça faz sobre o cavalo ($\vec{F}_B$)

Figura 2 Força de ação e reação: o cavalo aplica uma força $\vec{F}_A$ para puxar a carroça, e qual aplica uma força de reação $\vec{F}_B$ sobre o cavalo.

Dialogando com o texto

Sobre a terceira lei de Newton, veja o seguinte raciocínio sobre a aplicação em um caso:

Considere dois blocos, A e B, apoiados sobre uma mesa horizontal lisa e submetidos a uma força $\vec{F}$.

O bloco A está em contato com o bloco B e uma força $\vec{F}$ está sendo aplicada sobre o bloco A.

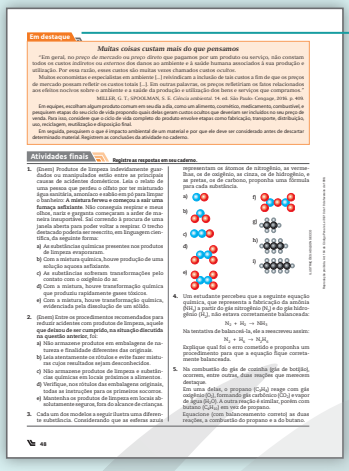
O bloco A, sujeito à força $\vec{F}$, estará acelerando, e o bloco B necessariamente deverá ter a mesma aceleração de A pois, ergue à sua frente. A força que acelera o bloco B é a força $\vec{f}$ aplicada por A. Mas se A age sobre B, então o bloco B deverá reagir sobre o bloco A com uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário. Tal força é a reação – $\vec{f}$.

Ação e reação ou A "empurra" B, então B reage e "empurra" A.

140

Dialogando com o texto

Atividades ou informações diretamente relacionadas ao conteúdo que visam acentuar a interatividade entre o estudante e o capítulo.


Em destaque

Muitas coisas custam mais do que pensamos

"Em geral, no preço de mercado ou preço direto que pagamos por um produto ou serviço, não costumam todos os custos indiretos ou externos dos danos ao ambiente e à saúde humana associados à sua produção e utilização. Por essa razão, esses custos são muitas vezes chamados custos ocultos.

Muitos economistas e especialistas em ambiente [...] reivindicam a inclusão de tais custos a fim de que os preços de mercado possam refletir os custos totais [...]. Em outras palavras, os preços refletiriam os fatos relacionados aos efeitos nocivos sobre o ambiente e a saúde da produção e utilização dos bens e serviços que compramos."

MELLER, G. T.; SPOLIANSKI, S. E. Ciência ambiental. 1ª ed. São Paulo: Cengage, 2018. p. 499.

Em equipes, escolham algum produto comum em seu dia a dia, como um alimento, cosmético, medicamento, combustível, ou qualquer outro de sua preferência. Depois, façam dele gerem custos ocultos que deveriam ser incluídos no seu preço de venda. Para isso, considere que o ciclo de vida completo do produto envolve etapas como fabricação, transporte, distribuição, uso, reciclagem, reutilização e disposição final.

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

Atividades finais — Registre as respostas em seu caderno.

1. (Enem) Produtos de limpeza indevidamente guardados ou manipulados estão entre as principais causas de acidentes domésticos. Pensando nisso, uma pessoa que prefere o cheiro por ter misturado água sanitária, amoníaco e esfrega um pó para limpar o banheiro: **A mistura ferveu e começou a soltar uma fumaça sufocante**. Não conseguia respirar e meus olhos, nariz e garganta começaram a sofrer da mesma maneira inaugurável. Saí correndo à procura de uma janela aberta para poder voltar a respirar. O trecho destacado poderia ser descrito, em linguagem científica, da seguinte forma:
   a) As substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza evaporaram.
   b) Com a mistura química, houve produção de uma solução aquosa sufocante.
   c) As substâncias sofreram transformações pelo contato com o ar e pela luz.
   d) Com a mistura, houve transformação química que produziu rapidamente gases tóxicos.
   e) Com a mistura, houve transformação química, evidenciada pela dissolução de um sólido.
2. (Enem) Entre os procedimentos recomendados para reduzir acidentes com produtos de limpeza, aquele **que declara de ser cumprido, na situação discutida na questão anterior**, foi:
   a) Não armazene produtos em embalagens de natureza e finalidades diferentes das originais.
   b) Leia atentamente os rótulos e evite fazer misturas cujos resultados sejam desconhecidos.
   c) Não armazene produtos de limpeza e substâncias químicas em locais de fácil acesso a crianças.
   d) Verifique, nos rótulos das embalagens originais, todas as instruções para os primeiros socorros.
   e) Mantenha os produtos de limpeza em locais absolutamente seguros, fora do alcance de crianças.
3. Cada um dos modelos a seguir ilustra uma diferente substância. Considerando que as esferas azuis representam os átomos de nitrogênio, as vermelhas, os de oxigênio, as cinza, os de hidrogênio, e as pretas, os de carbono, proponha uma fórmula para cada substância.
   a) b) c) d) e) f)
4. Um estudante percebeu que a seguinte equação química, que representa a fabricação da amônia (NH_3), a partir do gás nitrogênio (N_2) e do gás hidrogênio (H_2), não estava corretamente balanceada:
   $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$
   Na tentativa de balanceá-la, ele a reescreveu assim:
   $N_2 + H_2 \rightarrow N_2H_2$
   Explique qual foi o erro cometido e proponha um procedimento para que a equação fique corretamente balanceada.
5. Na combustão do gás de cozinha (gás de botijão), ocorrem, entre outras, duas reações que merecem destaque.
   Em uma delas, o propano (C_3H_8) reage com gás oxigênio (O_2), formando gás carbônico (CO_2) e vapor de água (H_2O). A outra reação é similar, porém com butano (C_4H_{10}) em vez de propano.
   Equacione (com balanceamento correto) as duas reações, o constituinte do propano e o do butano.

48

Em destaque

Textos de outras mídias com informações complementares aos assuntos tratados no capítulo.

A classificação tradicional, cujas bases foram estabelecidas por Lineu no século XVIII, passa atualmente por grandes mudanças devido a novas técnicas de estudo e novas ideias sobre como e por que classificar os seres vivos. O objetivo da classificação moderna é ser o mais "natural" possível, ou seja, refletir o grau de parentesco evolutivo entre as espécies.

A classificação de Lineu

Como seus antecessores, Lineu agrupou os seres vivos de acordo com as semelhanças e diferenças existentes. Sua grande inovação, entretanto, foi as escolhas criteriosas das características levadas em conta em sua classificação. P. [...]

Na opinião de Lineu, certos critérios utilizados em sistemas de classificação anteriores eram inadequados. O hábitat dos organismos, por exemplo, empregado por antigos gregos na classificação, não deveria ser utilizado como critério importante na classificação biológica, uma vez que poderia reunir em um mesmo grupo seres tão distintos como peixes, baleias, estrelas-do-mar, camarões e ostras, se considerarmos o hábitat marinho. Lineu concluiu que o mais adequado seria agrupar os seres vivos com base em características estruturais e anatômicas.

Para dar o agrupamento mais básico da classificação era a espécie, definida como um grupo de indivíduos dotados de características estruturais físicas, que somem em outros grupos. Um agrupamento desse tipo é chamado de **táxon** (do grego *táxis*, arranjo). Daí vem o termo **taxonomia**, que se refere a classificação. Quando certas espécies apresentavam semelhanças consideradas relevantes, Lineu as reunia em um grupo mais abrangente, o **gênero**. Por exemplo, todas as espécies de animais com características semelhantes às dos cães (lobos, coiotes, chacais etc.) são reunidas no mesmo táxon, o gênero *Canis*.

Seguindo a linha de estabelecer táxons, cada vez mais abrangentes, Lineu reuniu gêneros semelhantes em uma categoria maior, a **ordem**. Por exemplo, cães, lobos, ursos, onças, gatos e diversos outros animais foram partem da ordem dos carnívoros (*Carnivora*). Ordens semelhantes eram reunidas em uma categoria ainda mais abrangente, a **classe**. Por exemplo, todos os carnívoros, além de animais como porcos, cavalos, elefantes e baleias, entre outros, estabelecidos na classe dos mamíferos (*Mammalia*), animais que mamam na fase jovem. Classes semelhantes eram reunidas em um **reino**, por exemplo, o reino dos animais (*Animalia*), reúne todos os animais mencionados anteriormente, além de muitos outros [fig. 10].

Reino → Filo → Classe → Ordem → Família → Tribo → Gênero → Espécie

Figura 10 Divisões das categorias – táxons – utilizadas na classificação tradicional. Os táxons considerados principais (quem se subdividem em táxons menores).

Atividade em grupo

Nesta atividade, sua primeira tarefa é pesquisar em sites confiáveis da internet sobre as plantas medicinais conhecidas pelo nome popular de boldo. Pesquise bem como os nomes científicos das plantas, famílias botânicas e supostas propriedades terapêuticas de boldo. Como já havíamos sugerido na abertura do capítulo, converse com pessoas próximas para obter opiniões a respeito. Se conhecer algum profissional de saúde, como um médico, um farmacêutico ou mesmo um erveiro (leigo especializado em ervas), procure saber o que eles acham dos chás de boldo.

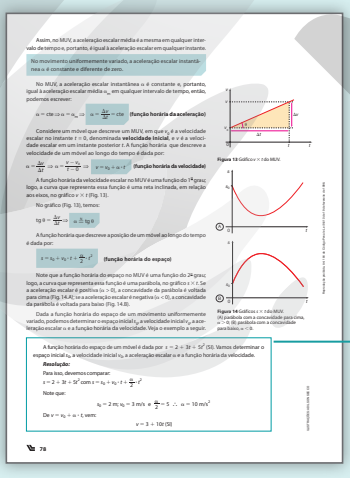
Forme um grupo com colegas depois de obter dados e amadurecer opiniões sobre o tema. O desafio do grupo é responder às seguintes questões:

a) Há mais de um tipo de boldo? No caso de haver mais de um, a que famílias, gêneros e espécies eles pertencem? O que dizer de seus efeitos supostamente terapêuticos, são os mesmos?
b) Se você fosse encarregado de pesquisar cientificamente os chás de boldo e descobrir se eles realmente funcionam, como procederia? Por exemplo, ao analisar os efeitos dos chás de boldo sobre um grupo de pessoas voluntárias ao teste, como você elegeria o grupo de controle experimental, importante para os procedimentos científicos? Tente imaginar como seria afinal a resposta à hipótese testada: o boldo funciona como agente terapêutico em problemas digestivos?

65

Atividade em grupo

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


Assim, no MUV, a aceleração escalar média é a mesma em qualquer intervalo de tempo e, portanto, é igual à aceleração escalar em qualquer instante.

No movimento uniformemente variado, a aceleração escalar instantânea α é constante e diferente de zero.

No MUV, a aceleração escalar instantânea α é constante e, portanto, igual à aceleração escalar média α_m em qualquer intervalo de tempo, então, podemos escrever:

$\alpha = \alpha_m \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = \frac{v - v_0}{t - 0}$ **(função horária da aceleração)**

Considere um móvel que descreve um MUV, em que s_0 é a velocidade escalar no instante $t = 0$, denominada **velocidade inicial**, e v é a velocidade escalar em um instante posterior t. A função horária que descreve a velocidade de um móvel ao longo do tempo é dada por:

$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = \frac{v - v_0}{t - 0} \Rightarrow v = v_0 + \alpha \cdot t$ **(função horária da velocidade)**

A função horária da velocidade escalar no MUV é uma função do 1º grau; logo, a curva que representa essa função é uma reta inclinada, em relação aos eixos, no gráfico $v \times t$ (fig. 13).

No gráfico (fig. 13), temos:

$\operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = \operatorname{tg}\theta$

A função horária que descreve a posição de um móvel ao longo do tempo é dada por:

$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$ **(função horária do espaço)**

Note que a função horária do espaço no MUV é uma função do 2º grau; logo, a curva que representa essa função é uma parábola, no gráfico $s \times t$. Se a aceleração escalar é positiva ($\alpha > 0$), a concavidade da parábola é voltada para cima (fig. 14.A); se a aceleração escalar é negativa ($\alpha < 0$), a concavidade da parábola é voltada para baixo (fig. 14.B).

Dada a função horária do espaço de um movimento uniformemente variado, podemos determinar o espaço inicial s_0, a velocidade inicial v_0, a aceleração escalar α e a função horária da velocidade. Veja o exemplo a seguir.

A função horária do espaço de um móvel é dada por $s = 2 + 3t + 5t^2$ (SI). Vamos determinar o espaço inicial s_0, a velocidade inicial v_0, a aceleração escalar α e a função horária da velocidade.

Resolução:

Para isso, devemos comparar:

$s = 2 + 3t + 5t^2$ com $s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$

Note que:

$s_0 = 2\ m;\ v_0 = 3\ m/s \ \text{e}\ \frac{\alpha}{2} = 5 \therefore \alpha = 10\ m/s^2$

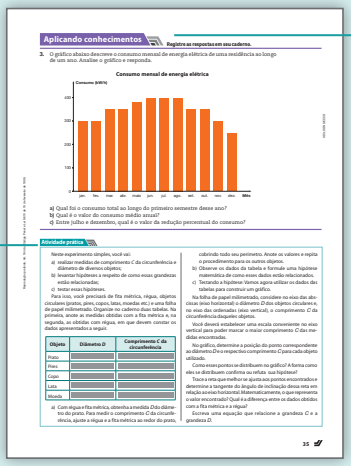
De $v = v_0 + \alpha \cdot t$, vem:

$v = 3 + 10t$ (SI)

78

Exercício resolvido

Exemplos de aplicação da teoria apresentados ao longo do capítulo.


Aplicando conhecimentos — Registre as respostas em seu caderno.

3. O gráfico abaixo descreve o consumo mensal de energia elétrica de uma residência ao longo de um ano. Analise o gráfico e responda.

Consumo mensal de energia elétrica

a) Qual foi o consumo total ao longo do primeiro semestre desse ano?
b) Qual é o valor do consumo médio anual?
c) Entre julho e dezembro, qual é o valor da redução percentual do consumo?

Atividade prática

Neste experimento simples, você vai:
a) realizar medidas de comprimento C da circunferência e diâmetro D de alguns objetos;
b) levantar hipóteses a respeito de como essas grandezas estão relacionadas;
c) testar essas hipóteses.

Para isso, você precisará de fita métrica, réguas, objetos circulares (potes, pires, copos, latas, moedas etc.) e uma folha de papel milimetrado. Organize no caderno duas tabelas. Na primeira, anote as medidas obtidas com a fita métrica e, na segunda, as obtidas com régua, em que devem constar os dados apresentados a seguir.

Objeto	Diâmetro D	Comprimento C da circunferência
Prato		
Pires		
Copo		
Lata		
Moeda		

a) Com régua e fita métrica, obtenha a medida D do diâmetro do prato. Para medir o comprimento C da circunferência, ajuste a régua e a fita métrica ao redor do prato, cobrindo todo seu perímetro. Anote os valores e repita o procedimento para os outros objetos.
b) Observe os dados da tabela e formule uma hipótese matemática de como esses dados estão relacionados.
c) Testando a hipótese Vamos agora utilizar os dados das tabelas para construir um gráfico.

Na folha de papel milimetrado, considere os eixos das abscissas (eixo horizontal) o diâmetro D dos objetos circulares e, os eixos das ordenadas (eixo vertical), o comprimento C da circunferência daqueles objetos.

Você deverá estabelecer uma escala conveniente no eixo vertical para poder marcar o maior comprimento C das medidas encontradas.

No gráfico, determine a posição do ponto correspondente ao diâmetro D e o respectivo comprimento C para cada objeto utilizado.

Como esses pontos se distribuem no gráfico? A forma como eles se distribuem confirma ou refuta sua hipótese?

Trace a reta que melhor se ajusta aos pontos encontrados e determine a tangente do ângulo de inclinação dessa reta em relação ao eixo horizontal. Matematicamente, o que representa o valor encontrado? Qual é a diferença entre os dados obtidos com a fita métrica e a régua?

Escreva uma equação que relacione a grandeza C e a grandeza D.

35

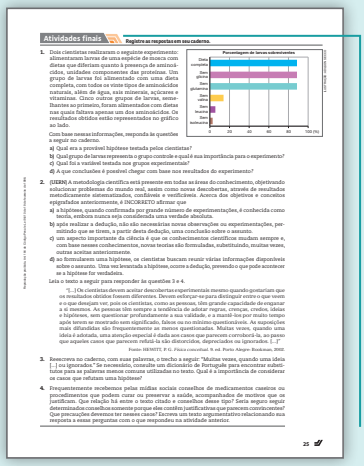
Atividade prática

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

Aplicando conhecimentos

Atividades para verificação e assimilação de conceitos apresentados no capítulo.

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


Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

1. Dois cientistas realizaram o seguinte experimento: alimentaram larvas de uma espécie de inseto com dietas que diferiam quanto à presença de aminoácidos, unidades componentes das proteínas. Um grupo de larvas foi alimentado com uma dieta completa, com todos os vinte tipos de aminoácidos naturais, além de água, sais minerais, açúcares e vitaminas. Cinco outros grupos de larvas, semelhantes ao primeiro, foram alimentados com dietas nas quais faltava apenas um dos aminoácidos. Os resultados obtidos estão representados no gráfico ao lado.

Com base nessas informações, responda às questões a seguir no caderno.

a) Qual era a provável hipótese testada pelos cientistas?

b) Qual grupo de larvas representa o grupo controle e qual é sua importância para o experimento?

c) Qual foi a variável testada nos grupos experimentais?

d) A que conclusões é possível chegar com base nos resultados do experimento?

2. (UERJ) A metodologia científica será presente em todas as áreas do conhecimento, objetivando solucionar problemas do mundo real, assim como novas descobertas, através de resultados metodicamente sistematizados, confiáveis e verificáveis. Acerca dos objetivos e conceitos epigrafados anteriormente, é INCORRETO afirmar que

a) a hipótese, quando confirmada por grande número de experimentações, é conhecida como teoria, embora nunca seja considerada uma verdade absoluta.

b) após realizar a dedução, não são necessárias novas observações ou experimentações, permitindo que se tirem, a partir desta dedução, uma conclusão sobre o assunto.

c) um aspecto importante da ciência é que os conhecimentos científicos mudam sempre e, com base nesses conhecimentos, novas teorias são formuladas, substituindo, muitas vezes, outras aceitas anteriormente.

d) ao formularem uma hipótese, os cientistas buscam reunir várias informações disponíveis sobre o assunto. Uma vez levantada a hipótese, ocorre a dedução, prevendo o que pode acontecer se a hipótese for verdadeira.

Leia o texto a seguir para responder às questões 3 e 4.

"[...] Os cientistas devem acolher descobertas experimentais mesmo quando gostariam que os resultados obtidos fossem diferentes. Devem esforçar-se para distinguir entre o que vem o que desejam ver; pois os cientistas, como as pessoas, têm grande capacidade de enganar a si mesmos. As pessoas têm sempre a tendência de adotar as crenças, as ideias, teorias e hipóteses, sem questionar profundamente a sua validade, e a mantê-los por muito tempo após terem se mostrado sem significado, falsos ou mesmo questionáveis. As suposições mais difundidas são frequentemente as menos questionadas. Muitas vezes, quando uma ideia é adotada, uma atenção especial é dada aos casos que parecem corroborá-la, ao passo que aqueles casos que parecem refutá-la são distorcidos, depreciados ou ignorados. [...]"

PIZANO-MENOTTI, P. O. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

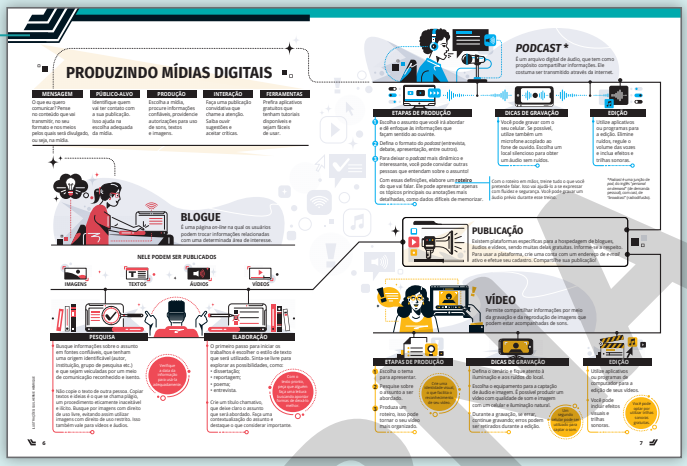
3. Reescreva no caderno, com suas palavras, o trecho a seguir: "Muitas vezes, quando uma ideia [...] nos ingressamos." Se necessário, consulte um dicionário de Português para encontrar substitutos para as palavras menos comuns utilizadas no texto. Qual é a importância de considerar os casos que refutam uma hipótese?

4. Frequentemente recebemos pelas mídias sociais conselhos de medicamentos caseiros ou procedimentos que podem curar ou preservar a saúde, acompanhados de motivos que os justificam. Que relação há entre o texto citado e conselhos desse tipo? Seria seguro seguir determinados conselhos somente por conta de justificativas que parecem convincentes? Que precauções devemos ter nesses casos? Escreva um texto argumentativo relacionando sua resposta a essas perguntas com o que respondeu na atividade anterior.

25

Atividades finais

Atividades autorais e dos principais vestibulares que englobam assuntos abordados ao longo do capítulo.


PRODUZINDO MÍDIAS DIGITAIS

MENSAGEM | PÚBLICO-ALVO | PRODUÇÃO | INTERAÇÃO | FERRAMENTAS

BLOGUE

NELE PODEM SER PUBLICADOS

IMAGENS | TEXTOS | ÁUDIOS | VÍDEOS

PESQUISA | ELABORAÇÃO

PODCAST *

ETAPAS DE PRODUÇÃO | DICAS DE GRAVAÇÃO | EDIÇÃO

PUBLICAÇÃO

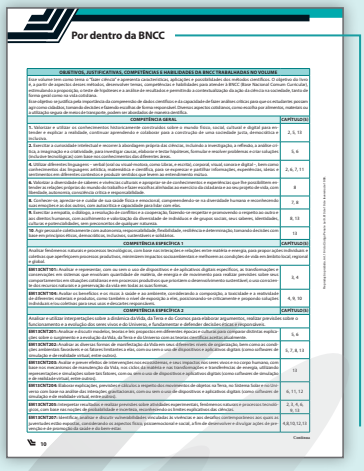
VÍDEO

ETAPAS DE PRODUÇÃO | DICAS DE GRAVAÇÃO | EDIÇÃO

6 7

Produzindo mídias digitais

Sugestões de como produzir e transmitir informações confiáveis por meio de algumas mídias digitais.


Por dentro da BNCC

OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC TRABALHADOS NO VOLUME

COMPETÊNCIA GERAL — CAPÍTULO(S)

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 — CAPÍTULO(S)

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2 — CAPÍTULO(S)

10

Por dentro da BNCC

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento que apresenta as aprendizagens essenciais que todos os estudantes do Brasil devem ter acesso durante a Educação Básica. Esses conhecimentos estão estruturados em competências gerais, específicas e habilidades. Na tabela apresentada nas páginas iniciais do livro, você pode conhecer as competências e habilidades que estão sendo mobilizadas no livro.
Cada habilidade é identificada por um código alfanumérico cuja composição é a seguinte:

EM 13 LGG 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 últimos números).
Vale destacar que o uso de numeração sequencial para identificar as habilidades não representa uma ordem ou hierarquia esperada das aprendizagens. Cabe aos sistemas e escolas definir a progressão das aprendizagens, em função de seus contextos locais.

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

PRODUZINDO MÍDIAS DIGITAIS

MENSAGEM

O que eu quero comunicar? Pense no conteúdo que vai transmitir, no seu formato e nos meios pelos quais será divulgado, ou seja, na mídia.

PÚBLICO-ALVO

Identifique quem vai ter contato com a sua publicação. Isso ajuda na escolha adequada da mídia.

PRODUÇÃO

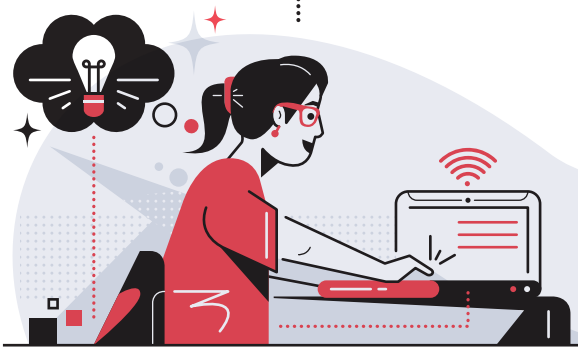
Escolha a mídia, procure informações confiáveis, providencie autorizações para uso de sons, textos e imagens.

INTERAÇÃO

Faça uma publicação convidativa que chame a atenção. Saiba ouvir sugestões e aceitar críticas.

FERRAMENTAS

Prefira aplicativos gratuitos que tenham tutoriais disponíveis e sejam fáceis de usar.



BLOGUE

É uma página *on-line* na qual os usuários podem trocar informações relacionadas com uma determinada área de interesse.

NELE PODEM SER PUBLICADOS

PESQUISA

- Busque informações sobre o assunto em fontes confiáveis, que tenham uma origem identificável (autor, instituição, grupo de pesquisa etc.) e que sejam veiculadas por um meio de comunicação reconhecido e isento.
- Não copie o texto de outra pessoa. Copiar textos e ideias é o que se chama plágio, um procedimento eticamente inaceitável e ilícito. Busque por imagens com direito de uso livre, evitando assim utilizar imagens com direito de uso restrito. Isso também vale para vídeos e áudios.

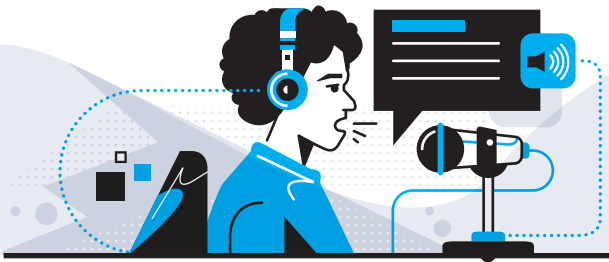
Verifique a data da informação para usá-la adequadamente.

ELABORAÇÃO

- O primeiro passo para iniciar os trabalhos é escolher o estilo de texto que será utilizado. Sinta-se livre para explorar as possibilidades, como:
  - dissertação;
  - reportagem;
  - poema;
  - entrevista.
- Crie um título chamativo, que deixe claro o assunto que será abordado. Faça uma contextualização do assunto e destaque o que considerar importante.

Com o texto pronto, peça que alguém faça uma leitura buscando apontar formas de deixá-lo melhor.

ILUSTRAÇÕES: GUILHERME HENRIQUE



PODCAST *

É um arquivo digital de áudio, que tem como propósito compartilhar informações. Ele costuma ser transmitido através da internet.

ETAPAS DE PRODUÇÃO

1. Escolha o assunto que você irá abordar e dê enfoque às informações que façam sentido ao ouvinte.
2. Defina o formato do *podcast* (entrevista, debate, apresentação, entre outros).
3. Para deixar o *podcast* mais dinâmico e interessante, você pode convidar outras pessoas que entendam sobre o assunto!

Com essas definições, elabore um **roteiro** do que vai falar. Ele pode apresentar apenas os tópicos principais ou anotações mais detalhadas, como dados difíceis de memorizar.

DICAS DE GRAVAÇÃO

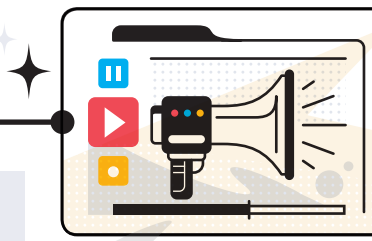
Você pode gravar com o seu celular. Se possível, utilize também um microfone acoplado ao fone de ouvido. Escolha um local silencioso para obter um áudio sem ruídos.

Com o roteiro em mãos, treine tudo o que você pretende falar. Isso vai ajudá-lo a se expressar com fluidez e segurança. Você pode gravar um áudio prévio durante esse treino.

EDIÇÃO

Utilize aplicativos ou programas para a edição. Elimine ruídos, regule o volume das vozes e inclua efeitos e trilhas sonoras.

**Podcast* é uma junção de *pod*, do inglês "*personal on demand*" (de demanda pessoal), com *cast*, de "*broadcast*" (radiodifusão).



PUBLICAÇÃO

Existem plataformas específicas para a hospedagem de blogues, áudios e vídeos, sendo muitas delas gratuitas. Informe-se a respeito. Para usar a plataforma, crie uma conta com um endereço de *e-mail* ativo e efetue seu cadastro. Compartilhe sua publicação!

VÍDEO

Permite compartilhar informações por meio da gravação e da reprodução de imagens que podem estar acompanhadas de sons.

ETAPAS DE PRODUÇÃO

1. Escolha o tema para apresentar.
2. Pesquise sobre o assunto a ser abordado.
3. Produza um roteiro, isso pode tornar o seu vídeo mais organizado.

Crie uma identidade visual, o que facilita o reconhecimento de seu vídeo.

DICAS DE GRAVAÇÃO

- Defina o cenário e fique atento à iluminação e aos ruídos do local.
- Escolha o equipamento para a captação de áudio e imagem. É possível produzir um vídeo com qualidade de som e imagem com um celular e iluminação natural.
- Durante a gravação, se errar, continue gravando; erros podem ser retirados durante a edição.

Um segundo celular pode ser utilizado para captar o som.

EDIÇÃO

- Utilize aplicativos ou programas de computador para a edição de seus vídeos.
- Você pode incluir efeitos visuais e trilhas sonoras.

Você pode optar por utilizar trilhas sonoras gratuitas.

Sumário

CAPÍTULO 1 O conhecimento científico e as Ciências da Natureza 13

1. Fundamentos do pensamento científico 14
2. O método hipotético-dedutivo em ciência 15
3. Exemplos de aplicação da metodologia científica 17
   Os experimentos de Charles e Francis Darwin, 17
   Os experimentos de Karl Jansky, 18
4. A comunicação entre os cientistas 18
5. Áreas do conhecimento científico sobre a natureza 20
   As Ciências Naturais, 20
   A Física, 22
   A Química, 22
   A Biologia, 23

■ Atividades finais 25

CAPÍTULO 2 Unidades de medida 26

1. O Sistema Internacional de Unidades (SI) 28
   Comprimento, 29
   Massa, 29
   Tempo, 29
2. Prefixos do SI 31
3. Representações gráficas 32

■ Atividades finais 36

CAPÍTULO 3 Elementos, substâncias e reações químicas 37

1. Mudanças de fase da água 38
2. Temperaturas de fusão e de ebulição 39
3. Densidade 40
4. Substâncias químicas *versus* misturas 42
5. Reação (transformação) química 42
   Exemplos de reações químicas, 43
6. Substâncias: simples *versus* compostas 44
7. A teoria atômica de Dalton 45
8. Símbolos e fórmulas 45
   Símbolos representam elementos, 45
   Fórmulas representam substâncias, 46
9. Equação química 47
   Equação química representa reação química, 47
   Balanceamento de equações químicas, 47

■ Atividades finais 48

CAPÍTULO 4 Modelos atômicos e tabela periódica 49

1. Átomos e a natureza elétrica da matéria 50
   Modelo atômico de Thomson, 50
   Experimento de dispersão de partículas alfa, 50
   Modelo atômico de Rutherford, 51
2. Elemento químico e número atômico 51
3. A tabela periódica 52
4. Isótopos 54
5. Modelo atômico de Bohr 55
6. Distribuição eletrônica nas camadas 57
7. Modelo atômico mecânico-quântico 58

■ Atividades finais 59

CAPÍTULO 5 Níveis de organização da vida e classificação biológica 60

1. Características dos seres vivos 61
   Composição química dos seres vivos, 61
   A organização celular, 61
   O metabolismo, 62
   Reação e movimento, 62
   Crescimento e reprodução, 62
   Variabilidade genética e biodiversidade, 62
   Adaptação e evolução, 62
2. Níveis de organização da vida 63
3. Noções da classificação dos seres vivos 64
   A classificação de Lineu, 65
   A nomenclatura binomial, 66
   Sistemática moderna e evolucionismo, 66
   Árvores filogenéticas, 67
   A classificação segundo a cladística, 67
   Principais grupos de seres vivos, 68
   Os vírus: vivos ou não vivos?, 69

■ Atividades finais 70

CAPÍTULO 6 Introdução ao estudo dos movimentos 71

1. Espaço, referencial, velocidade e aceleração 72
   Espaço, 72
   Variação de espaço, 72
   Referencial, 73
   Velocidade, 73
   Aceleração, 75
   Estudo do movimento uniforme (MU) e do movimento uniformemente variado (MUV), 76
   Movimento vertical nas proximidades da superfície terrestre, 80

■ Atividades finais 82

CAPÍTULO 7 Citologia (I): membrana celular e citoplasma 83

1. O estudo das células 84
   Microscópios fotônicos e microscópios eletrônicos, 84
   Células eucarióticas e células procarióticas, 86
2. As membranas biológicas, ou biomembranas 86
   Fagocitose e pinocitose, 88
3. O citoplasma da célula eucariótica 88
   O retículo endoplasmático, 88

MODERNA

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

O complexo golgiense, 89
Os lisossomos e digestão intracelular, 89
O citoesqueleto, 90
Centríolos, cílios e flagelos, 91
Mitocôndrias, 91
Cloroplastos, 92
■ **Atividades finais** 93

CAPÍTULO 8 Citologia (II): núcleo celular, cromossomos e mitose **94**

1. **Organização do núcleo celular** 95
Cromatina e nucléolo, 95
2. **A arquitetura dos cromossomos** 95
Cromátides-irmãs e centrômero, 96
Cromossomos homólogos, 96
Cromossomos sexuais e autossomos, 97
3. **Citogenética humana** 97
Alterações cromossômicas na espécie humana, 98
Síndrome de Down, 99
Síndrome de Turner e síndrome de Klinefelter, 99
4. **Dividir para multiplicar: mitose** 100
O ciclo celular, 100
Mitose, 100
Citocinese, 102
Divisão celular e câncer, 103

■ **Atividades finais** 104

CAPÍTULO 9 Ligações químicas interatômicas **105**

1. **Gases nobres e regra do octeto** 106
2. **Eletronegatividade** 106
3. **Ligação iônica** 107
4. **Ligação covalente** 109
5. **Ligação metálica** 111
6. **Influência das ligações interatômicas em algumas propriedades físicas das substâncias** 112

■ **Atividades finais** 114

CAPÍTULO 10 Fundamentos dos compostos orgânicos **115**

1. **Representações de moléculas orgânicas** 116
2. **Cadeia carbônica** 118
3. **Anel benzênico** 119
4. **Atributos das cadeias carbônicas** 120
5. **Estereoquímica do carbono saturado** 121
6. **Polímeros** 123

■ **Atividades finais** 124

CAPÍTULO 11 Estudo e aplicações dos vetores **125**

1. **Grandezas escalares e grandezas vetoriais** 126
2. **Operações com grandezas vetoriais** 126
Adição de vetores, 127
Subtração de vetores, 128
Multiplicação de um número real *n* por um vetor $\vec{v}$, 128
3. **Movimentos bidimensionais sob ação da gravidade** 131
Lançamento horizontal e oblíquo, 132

■ **Atividades finais** 135

CAPÍTULO 12 Leis de Newton **136**

1. **Conceito de força** 137
2. **As leis de Newton** 137
Primeira lei de Newton ou princípio da inércia, 137
Segunda lei de Newton ou princípio fundamental da Dinâmica, 138
Terceira lei de Newton ou princípio da ação e reação, 140
3. **Forças** 141
Força elástica (de deformação), 141
Força gravitacional e força peso, 142
Força de reação normal do apoio e força de atrito, 143

■ **Atividades finais** 144

CAPÍTULO 13 Reprodução, meiose e embriologia animal **146**

1. **Tipos de reprodução** 147
Reprodução assexuada, 147
Reprodução sexuada, 147
2. **Meiose** 147
As etapas da meiose, 147
3. **Gametogênese nos animais** 149
Espermatogênese em mamíferos, 149
Ovulogênese em mamíferos, 150
4. **Fecundação e formação do zigoto nos animais** 151
5. **Segmentação e formação da blástula** 151
Tipos de ovos e segmentação, 151
6. **Formação da gástrula** 152
A formação dos folhetos germinativos, 152
7. **Organogênese** 153
Formação do tubo nervoso e da notocorda, 153
Desenvolvimento do mesoderma e do endoderma, 154
8. **Anexos embrionários** 155
Saco vitelínico, 155
Alantoide, 155
Âmnio, 155
Cório, 155

■ **Atividades finais** 156
■ **Ampliando os conhecimentos** 157
■ **Referências bibliográficas** 159

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

MODERNA

OBJETIVOS, JUSTIFICATIVAS, COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC TRABALHADAS NO VOLUME	
Esse volume tem como tema o "fazer ciência" e apresenta características, aplicações e possibilidades dos métodos científicos. O objetivo do livro é, a partir de aspectos desses métodos, desenvolver temas, competências e habilidades para atender à BNCC (Base Nacional Comum Curricular), estimulando a proposição, o teste de hipóteses e a análise de resultados e permitindo a contextualização da ação da ciência na sociedade, tanto de forma geral como na vida cotidiana. Esse objetivo se justifica pela importância da compreensão de dados científicos e da capacidade de fazer análises críticas para que os estudantes possam agir como cidadãos, tomando decisões e fazendo escolhas de forma responsável. Diversos aspectos cotidianos, como escolha por alimentos, materiais ou a utilização segura de meios de transporte, podem ser abordados de maneira científica.	
COMPETÊNCIA GERAL	**CAPÍTULO(S)**
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	2, 5, 13
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	5, 6
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.	2, 6, 7, 11
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.	8
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.	7, 8
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.	8, 13
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	13
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1	**CAPÍTULO(S)**
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que 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.	3, 4
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.	4, 9, 10
COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2	**CAPÍTULO(S)**
Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	
EM13CNT201: Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.	5, 6
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).	5, 7, 8, 13
EM13CNT203: Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da Vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	13
EM13CNT204: Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	6, 11, 12
EM13CNT205: Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	2, 3, 4, 6, 9, 13
EM13CNT207: Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.	4,8,10,12,13

Continua

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

MODERNA

Continuação

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3	CAPÍTULO(S)
Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	
EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13
EM13CNT302: Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13
EM13CNT303: Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 13
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.	8,13
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.	4
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.	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12
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.	3, 4, 8, 9
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.	7
EM13CNT309: Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.	3,4
EM13CNT310: Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.	8,13

CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS	
Competência específica 1: Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.	
EM13CHS101: Identificar, analisar e comparar diferentes fontes e narrativas expressas em diversas linguagens, com vistas à compreensão de ideias filosóficas e de processos e eventos históricos, geográficos, políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais.	11
EM13CHS103: Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas (expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e geográficos, gráficos, mapas, tabelas, tradições orais, entre outros).	1, 5
EM13CHS106: Utilizar as linguagens cartográfica, gráfica e iconográfica, diferentes gêneros textuais e tecnologias de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais, incluindo as escolares, para se comunicar, acessar e difundir informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.	2, 7, 8, 11
Competência específica 3: Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global.	
EM13CHS304: Analisar os impactos socioambientais decorrentes de práticas de instituições governamentais, de empresas e de indivíduos, discutindo as origens dessas práticas, selecionando, incorporando e promovendo aquelas que favoreçam a consciência e a ética socioambiental e o consumo responsável.	10

LINGUAGENS E SUAS TECNOLOGIAS
Competência específica 3: Utilizar diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais) para exercer, com autonomia e colaboração, protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva, de forma crítica, criativa, ética e solidária, defendendo pontos de vista que respeitem o outro e promovam os Direitos Humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável, em âmbito local, regional e global.

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

MODERNA

Continua

Continuação

EM13LGG303: Debater questões polêmicas de relevância social, analisando diferentes argumentos e opiniões, para formular, negociar e sustentar posições, frente à análise de perspectivas distintas.	1, 2, 13
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.	1, 6, 12
EM13LGG704: Apropriar-se criticamente de processos de pesquisa e busca de informação, por meio de ferramentas e dos novos formatos de produção e distribuição do conhecimento na cultura de rede.	2

LÍNGUA PORTUGUESA	
Todos os campos de atuação social	
EM13LP17: Elaborar roteiros para a produção de vídeos variados (*vlog*, videoclipe, videominuto, documentário etc.), apresentações teatrais, narrativas multimídia e transmídia, *podcasts*, *playlists* comentadas etc., para ampliar as possibilidades de produção de sentidos e engajar-se em práticas autorais e coletivas.	9
Campo das práticas de estudo e pesquisa.	
EM13LP30: Realizar pesquisas de diferentes tipos (bibliográfica, de campo, experimento científico, levantamento de dados etc.), usando fontes abertas e confiáveis, registrando o processo e comunicando os resultados, tendo em vista os objetivos pretendidos e demais elementos do contexto de produção, como forma de compreender como o conhecimento científico é produzido e apropriar-se dos procedimentos e dos gêneros textuais envolvidos na realização de pesquisas.	3
Campo jornalístico-midiátco.	
EM13LP45: Analisar, discutir, produzir e socializar, tendo em vista temas e acontecimentos de interesse local ou global, notícias, fotodenúncias, fotorreportagens, reportagens multimidiáticas, documentários, infográficos, podcasts noticiosos, artigos de opinião, críticas da mídia, *vlogs* de opinião, textos de apresentação e apreciação de produções culturais (resenhas, ensaios etc.) e outros gêneros próprios das formas de expressão das culturas juvenis (*vlogs* e *podcasts* culturais, *gameplay* etc.), em várias mídias, vivenciando de forma significativa o papel de repórter, analista, crítico, editorialista ou articulista, leitor, vlogueiro e *booktuber*, entre outros.	4

MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS	
Competência 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.	
EM13MAT103: Interpretar e compreender textos científicos ou divulgados pelas mídias, que empregam unidades de medida de diferentes grandezas e as conversões possíveis entre elas, adotadas ou não pelo Sistema Internacional (SI), como as de armazenamento e velocidade de transferência de dados, ligadas aos avanços tecnológicos.	2,6
Competência 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.	
EM13MAT302: Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1º ou 2º graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais.	2, 6, 11
EM13MAT308: Aplicar as relações métricas, incluindo as leis do seno e do cosseno ou as noções de congruência e semelhança, para resolver e elaborar problemas que envolvem triângulos, em variados contextos.	2, 11
EM13MAT314: Resolver e elaborar problemas que envolvem grandezas determinadas pela razão ou pelo produto de outras (velocidade, densidade demográfica, energia elétrica etc.).	6, 12
Competência 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.	
EM13MAT401: Converter representações algébricas de funções polinomiais de 1º grau em representações geométricas no plano cartesiano, distinguindo os casos nos quais o comportamento é proporcional, recorrendo ou não a *softwares* ou aplicativos de álgebra e geometria dinâmica.	2, 6
Competência 5: Investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas.	
EM13MAT501: Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização, reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 1º grau.	2, 6
EM13MAT510: Investigar conjuntos de dados relativos ao comportamento de duas variáveis numéricas, usando ou não tecnologias da informação, e, quando apropriado, levar em conta a variação e utilizar uma reta para descrever a relação observada.	2, 6

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

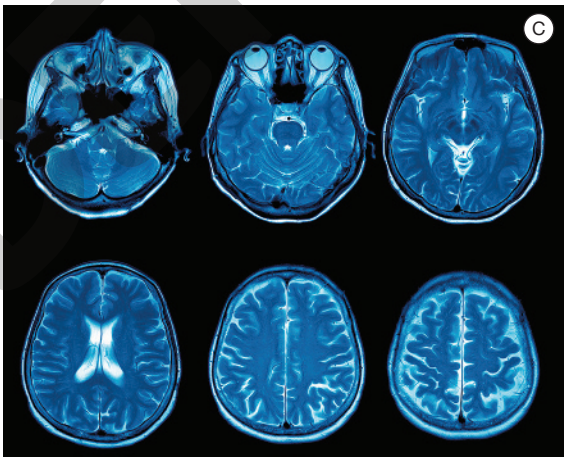
EDITORIA

CAPÍTULO 1

O CONHECIMENTO CIENTÍFICO E AS CIÊNCIAS DA NATUREZA

PHILIPPE PSAILA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

AC NEWSPHOTO/ALAMY/FOTOARENA



MRIMAN/SHUTTERSTOCK

O desenvolvimento das Ciências Naturais tem permitido à humanidade obter conhecimentos sobre o Universo, a Terra e os seres vivos. Isso contribuiu, entre outras coisas, para os grandes avanços na Medicina contemporânea. (A) As próteses são exemplos de como a Ciência e a tecnologia contribuem para a qualidade de vida das pessoas. (B) A matemática norte-americana Katherine Johnson (1918-2020) é reconhecida pelas valiosas contribuições para o avanço da exploração espacial por meio de seu trabalho na Nasa. (C) Os exames de imagens, como a ressonância magnética, revolucionaram os diagnósticos e tratamentos adequados na Medicina.

As Ciências Naturais buscam explicar as interações entre os componentes do mundo natural com base na observação sistemática e controlada dos fenômenos, tendo como fundamento o raciocínio lógico. O conhecimento científico do mundo tem possibilitado à humanidade compreender melhor as relações entre os seres vivos e o ambiente, ajudando a conectar o ser humano ao mundo que o cerca.

Em uma das muitas redes sociais na internet foi publicado um diálogo curioso sobre a Ciência, em que um dos interlocutores dizia mais ou menos o seguinte:

"— Cadê a Ciência? Que benefícios ela tem proporcionado à humanidade? Na última década do século XX dizia-se que, quando o DNA humano fosse totalmente decifrado, 90% das doenças deixariam de existir. Porém, já se passou mais de uma década e nada aconteceu. Por quê? Como acreditar na Ciência depois disso? E mais: a Ciência dizia que no século XXI muita coisa seria diferente, mas tenho a impressão de que tudo piorou: só se produziram mais armas, cada vez melhores. Basta lembrar que a Ciência criou a bomba atômica!".

De olho na BNCC:

- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CHS103
- EM13LGG303
- EM13LGG701

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

Outro interlocutor retrucava:

"— Infelizmente ainda estamos bem longe de concretizar nossos sonhos. Mas não seja tão injusto com a Ciência! Não se esqueça de que devemos muito a ela, como a possibilidade de nos comunicar com amigos ou familiares que estão do outro lado do planeta, ou prevenir doenças como a poliomielite. Isso sem falar da erradicação praticamente total de uma doença tão perigosa como a varíola. E outra: você sabe como ocorrem as pesquisas científicas? Por exemplo: antes de estar disponível, medicamentos ou tratamentos podem precisar de muitos anos de pesquisas e testes rigorosos. Você sabia disso? Você está vendo apenas o lado negativo das coisas. Atualize-se e sempre busque informações em fontes confiáveis! Ou você gostaria de voltar à idade das trevas?".

O que você achou desse diálogo? O primeiro interlocutor está claramente desencantado com a Ciência. Ele se referiu ao Projeto Genoma Humano e citou alguns números para justificar sua argumentação. Será que os pressupostos deles estão corretos? Qual é a sua opinião a respeito?

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Você já pensou sobre a importância (ou não) da Ciência em sua vida? Em sua opinião, qual dos dois interlocutores mencionados no texto anterior tem razão? Forme um grupo para analisar e discutir cada um dos pontos de vista sobre o valor da Ciência para a humanidade e escrevam um texto a respeito, justificando suas ideias com argumentos e exemplos. Apresentem o texto aos demais grupos e ouçam os argumentos deles.

Para entender a importância das Ciências Naturais em nossa vida, é necessário conhecer a estruturação do pensamento científico e os métodos que os cientistas utilizam em seu trabalho. Além disso, também é preciso conhecer um pouco da história da ciência e ter informações sobre atualidades científicas relevantes para a humanidade.

Por exemplo, o Projeto Genoma Humano, encerrado oficialmente em 2003 e mencionado na abertura do capítulo, teve como objetivo mapear o genoma humano, e descobrir a sequência das "letras" químicas do material genético que uma pessoa apresenta. E embora esse projeto tenha se tornado um dos símbolos da ciência contemporânea, não há uma relação direta e imediata entre a cura de doenças e a elucidação das sequências de bases nitrogenadas (as letras químicas) que compõem o genoma humano. Por isso, algumas pessoas se decepcionam com a aparente falta de resultados desses estudos. No entanto, o estudo do genoma de seres humanos, de outros animais, de plantas e de seres como bactérias e vírus já trouxe novos conhecimentos importantes; a expectativa é que esses conhecimentos terão importantes aplicações na melhoria da saúde e da qualidade de vida humana.

Este capítulo apresenta os fundamentos do pensamento científico e um dos procedimentos mais utilizados pelos cientistas, conhecido como método hipotético-dedutivo, bem como exemplos de aplicação da metodologia científica e aspectos da comunicação entre cientistas. Por fim, são apresentadas as principais áreas do conhecimento científico sobre a natureza: Física, Química e Biologia.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

"As Ciências Naturais e a tecnologia provocam grandes impactos na vida das pessoas."

Será que essa afirmação é verdadeira? Uma das maneiras de abordar a questão é entrevistando pessoas mais velhas e obtendo depoimentos sobre as principais mudanças que elas perceberam ao longo de suas vidas. Pergunte a elas sobre como avaliam os impactos do desenvolvimento científico e tecnológico na vida delas. Tente descobrir de que maneira os entrevistados percebem a relação entre a evolução tecnológica e o desenvolvimento científico. Forme um grupo de trabalho com mais dois ou três colegas para preparar previamente o que será perguntado aos entrevistados. Idade, grau de instrução e formação profissional dos entrevistados também são itens importantes a serem perguntados. De preferência as entrevistas devem ser gravadas. Com base nelas, seu grupo deverá tentar responder à pergunta introdutória, aproveitando para refletir sobre como seria nossa vida sem os avanços tecnológicos e avaliando os impactos positivos e negativos desse desenvolvimento. Com os colegas de outros grupos, imagine como será a vida no futuro. Escolha uma maneira de divulgar o trabalho (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro). Lembre-se de que é necessária a autorização dos entrevistados para gravar e divulgar o vídeo.

1. Fundamentos do pensamento científico

Você é dessas pessoas curiosas, que observam o mundo atentamente, procurando compreendê-lo? Leva sempre em conta o que já se conhece sobre determinado assunto antes de tirar suas conclusões? Se respondeu sim às duas perguntas, você utiliza dois procedimentos importantes empregados nas Ciências Naturais. Mas o que é Ciência, afinal?

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

MODERNA

Em linhas gerais, as Ciências Naturais têm por objetivo fornecer explicações para os fenômenos da natureza, empregando para isso procedimentos rigorosos de investigação. As Ciências Naturais tentam explicar a natureza com base na observação sistemática e controlada dos fenômenos, tendo como fundamento o pensamento lógico. Além disso, o procedimento científico parte do princípio de que toda explicação sobre determinado fenômeno natural sempre deve ser submetida a testes e críticas de outros estudiosos.

Primeiramente os cientistas observam cuidadosamente os fatos. **Fato** pode ser um evento ou um processo do mundo natural, percebido objetivamente com nossos sentidos ou com o auxílio de instrumentos que os expandem, como microscópios e telescópios. Com base na observação controlada e criteriosa de determinados fatos, os cientistas procuram entender se há relação entre eles e como e por que determinados fatos ocorrem.

O método utilizado pelos cientistas em sua atividade consiste de procedimentos lógicos, muitos dos quais são utilizados em nossa vida cotidiana para descobrir como as coisas funcionam ou por que elas acontecem. Quando observamos determinado acontecimento e temos um "palpite" sobre o motivo pelo qual ele está ocorrendo, estamos elaborando uma **hipótese**.

Na linguagem cotidiana, o termo hipótese é muitas vezes utilizado como sinônimo de "teoria". Entretanto, há uma grande diferença entre esses dois conceitos. **Hipótese** é uma tentativa de explicar determinado fenômeno, enquanto **teoria** é uma ideia ampla, que já teve as hipóteses nela incluídas submetidas a testes. Teoria é uma espécie de **modelo científico**, capaz de explicar coerentemente um conjunto de fenômenos da natureza. São as teorias que dão sentido às nossas observações, e, com base nelas, elaboramos novas hipóteses sobre fatos observados. A teoria celular, por exemplo, tem por pressuposto que o fenômeno da vida ocorre exclusivamente no interior de células vivas. A teoria da gravitação universal de Newton explica os movimentos dos corpos celestes tendo por base a força de atração gravitacional (Fig. 1).

STEVE HANSEN/THE LIFE IMAGES COLLECTION/GETTY IMAGES

Figura 1 O paleontólogo estadunidense Stephen J. Gould (1941-2002) é internacionalmente reconhecido como o grande divulgador da Ciência. O humor e a ironia transparecem em seu texto sobre fatos e teorias, de 1981: "[...] fatos e teorias são coisas diferentes e não degraus de uma hierarquia de certeza crescente. Os fatos são os dados do mundo. As teorias são estruturas de ideias que explicam e interpretam os fatos. Os fatos não se afastam enquanto os cientistas debatem teorias rivais. A teoria da gravitação de Einstein tomou o lugar da de Newton, mas as maçãs não ficaram suspensas no ar, aguardando o resultado."[1]

Dialogando com o texto

Talvez você tenha achado estranha a frase de Stephen J. Gould sobre "maçãs suspensas no ar". Ele se refere a uma história, não se sabe se verdadeira, de que foi a queda de uma maçã sobre Isaac Newton que o inspirou a elaborar a Teoria da Gravitação Universal. Seu desafio é descobrir mais detalhes sobre essa história das maçãs a que Gould se refere; pesquise na internet e converse com os professores de Física ou de História. Depois de conhecer a história das maçãs de Newton, escreva um texto curto explicando o que Gould quis dizer e, então, discuta esse texto com os colegas para verificar se todos chegaram a conclusões semelhantes.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

2. O método hipotético-dedutivo em ciência

O conhecimento científico em determinada área geralmente começa com alguma pergunta: "Por que tal fenômeno ocorre?" ou "Qual é a relação entre determinado fenômeno e outro?". Quando formulam essas perguntas, os cientistas geralmente já têm alguma ideia prévia sobre as possíveis respostas para elas com base em teorias científicas e informações de pesquisas anteriores. Para formular uma hipótese, portanto, o cientista primeiro analisa, interpreta e reúne o maior número possível de informações disponíveis sobre o assunto que ele deseja estudar.

Uma hipótese científica, para ser válida, tem que ser testável, ou seja, deve existir a possibilidade de que ela seja submetida a algum teste lógico ou experimental. O **teste de uma hipótese** consiste em imaginar uma situação em que determinados fatos e consequências ocorreriam somente se a hipótese testada fosse "verdadeira", ou, como querem os cientistas mais rigorosos, se essa hipótese não fosse rejeitada. Em outras palavras, com base em sua hipótese, o cientista faz **deduções**, prevendo o que ocorrerá em uma nova situação caso a hipótese seja verdadeira. Essa metodologia, denominada **hipotético-dedutiva**, é a base da maioria dos procedimentos científicos.

Em certos casos os cientistas podem elaborar **situações experimentais**, ou **experimentos**, para testar suas hipóteses. Esses experimentos permitem confirmar ou rejeitar deduções elaboradas com base em hipóteses. Se os resultados dos

[1] GOULD, S. J. Evolution as fact and theory. *Discover*, n. 2, p. 34-37, 1981. (Tradução dos autores.)

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

MODELO

experimentos, ou mesmo de simulações matemáticas, indicarem que as deduções com base em uma hipótese estão incorretas, os cientistas devem voltar atrás e modificar ou substituir a hipótese inicial. Por outro lado, se as deduções com base em uma hipótese se confirmarem, ela ganha credibilidade e é aceita enquanto não houver motivos para contestá-la.

De forma resumida e simplificada, o procedimento adotado pelos cientistas para investigar a natureza geralmente passa pelos seguintes passos lógicos (Fig. 2 e Fig. 3).

1. estabelecimento do problema a estudar, verificação do que se sabe sobre ele e que observações já foram realizadas;
2. formulação de uma hipótese;
3. levantamento de deduções com base na hipótese;
4. teste das deduções por meio de novas observações ou de experimentos;
5. conclusões sobre a validade ou não da hipótese.

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

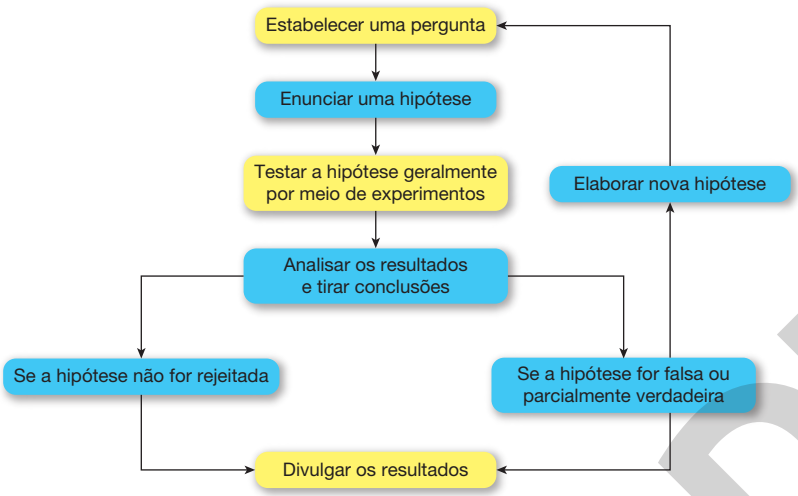


Figura 3 Representação gráfica das principais etapas da metodologia empregada pelos cientistas em seu trabalho. Segundo o filósofo e professor austro-britânico Karl Popper (1902-1994), um problema resulta da descoberta de uma "anomalia", isto é, de que algo não está de acordo com a teoria até então vigente sobre o assunto.

O teste de uma hipótese por meio da experimentação consiste em comparar os resultados observados em **grupos experimentais** – aqueles em que se provoca alguma alteração – com os obtidos em **grupos de controle** – nos quais não se faz nenhuma intervenção. Os experimentos, além de testar hipóteses, acabam por levantar novas questões para as quais serão elaboradas outras hipóteses, acompanhadas de novos experimentos para testá-las. É assim que o conhecimento científico progride.

ILUSTRAÇÕES: NELSON COSENTINO

Figura 2 Talvez você já conheça a prática de proteger frutos em desenvolvimento com saquinhos, para evitar a infestação por larvas. Acompanhe nas ilustrações acima como essa prática pode envolver procedimentos utilizados em ciência. Tente associar cada quadro da figura aos procedimentos científicos discutidos no texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Forme um grupo com seus colegas de classe para localizar cientistas de sua cidade ou de um local próximo e conversar com eles. Vocês podem encontrá-los em universidades, institutos de pesquisa, museus ou em indústrias. É possível localizá-los em departamentos de pesquisa dessas instituições, que, geralmente, podem ser contatados pelo *site* da instituição. Na entrevista, informe-se sobre o objetivo das pesquisas realizadas pelo cientista e pergunte se ele acredita que seus estudos têm ou terão importância na vida das pessoas. Lembre-se de gravar a entrevista em áudio ou vídeo. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Combine com o professor a melhor maneira de os grupos apresentarem suas entrevistas à classe. Lembre-se de que é necessária prévia autorização dos entrevistados para gravar e divulgar a entrevista. Esta atividade permite aproximar a Ciência e os cientistas de nossa vida cotidiana.

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

MODELO

3. Exemplos de aplicação da metodologia científica

Para exemplificar procedimentos científicos que levaram a descobertas importantes, comentamos dois experimentos realizados pelo naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882) e por seu filho, o botânico Francis Darwin (1848-1925), publicados em 1880, e os experimentos realizados nos anos 1930 pelo engenheiro estadunidense Karl Jansky (1905-1950) no estudo da emissão de ondas de rádio por corpos celestes.

Os experimentos de Charles e Francis Darwin

Charles e Francis Darwin investigaram um fato corriqueiro que você talvez já tenha notado: as plantas tendem a se curvar em direção a uma fonte de luz dirigida, seja o Sol ou uma lâmpada (Fig. 4).

Eles tentaram responder inicialmente à seguinte questão: que parte da planta é sensível à fonte de luz? Com base em observações de diversos tipos de plantas, eles formularam a hipótese de que a luz é percebida pela extremidade superior do caule. Com base nessa hipótese, eles fizeram a seguinte dedução: se é realmente a extremidade superior da planta que percebe a luz, plantas que tenham suas extremidades eliminadas ou cobertas com uma proteção à prova de luz não se curvarão em direção à fonte luminosa.

Para testar essa hipótese, os pesquisadores cortaram e eliminaram as extremidades superiores de algumas plantas jovens de alpiste e as colocaram perto de uma fonte direcionada de luz; ao lado das plantas "decapitadas", eles colocaram plantas intactas, que serviam como elementos de comparação (controle experimental). Alguns dias depois, os cientistas verificaram que as plantas intactas haviam crescido curvando-se em direção à luz, enquanto as plantas decapitadas continuaram a crescer eretas, sem se curvar.

Em outra experiência, os dois cientistas cobriram a extremidade superior de plantas de alpiste com papel preto à prova de luz e compararam seu comportamento com o de plantas que tiveram o papel preto colocado sobre outras partes do caule que não as extremidades superiores. As plantas com as extremidades superiores cobertas, assim como as decapitadas, cresceram eretas, enquanto as plantas com outras regiões cobertas cresceram curvando-se em direção à fonte de luz. O resultado dos experimentos confirmou a previsão – a luz é percebida pela extremidade superior do caule da planta – e a hipótese ganhou validade (Fig. 5).

MARTIN SHIELDS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 4 Vaso com calla (*Zantedeschia* sp.), que tem em média 30 cm de altura, fotografada cerca de uma semana após ter sido colocada em um ambiente sombreado e com uma fonte dirigida de luz (a janela à direita). O que você acha que aconteceria se girássemos o vaso no plano do solo em 180°? Desenhe em seu caderno como a planta provavelmente ficaria depois de uma semana.

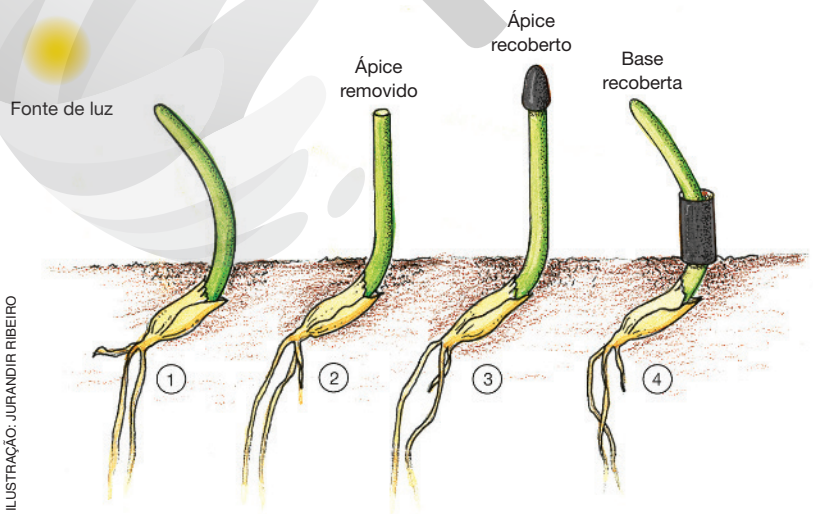


ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

Figura 5 Representação esquemática dos experimentos de Charles e Francis Darwin sobre a curvatura de plantas de alpiste em direção a uma fonte direcionada de luz. O desenho 1 representa o que ocorreu com o grupo de plantas intactas (grupo controle): elas cresceram curvando-se em direção à fonte de luz. O desenho 2 representa o grupo experimental de plantas que tiveram as extremidades superiores removidas; elas cresceram eretas. O desenho 3 representa o grupo de plantas que tiveram suas extremidades superiores cobertas por papel à prova de luz; elas também cresceram eretas. O desenho 4 representa as plantas que tiveram outras partes do caule, que não a extremidade superior, cobertas com papel à prova de luz; elas cresceram curvando-se, como as plantas do grupo 1. O grupo 4 serve de controle para o grupo experimental 3. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Os experimentos de Karl Jansky

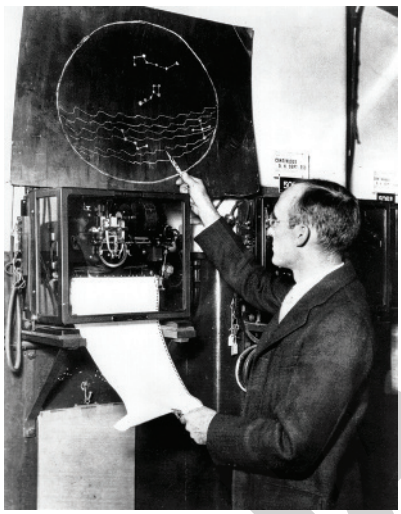
Nos anos 1930, as chamadas radiotelefônicas entre a América e a Europa apresentavam muito ruído. O engenheiro Karl Jansky foi incumbido de descobrir a fonte desses problemas (Fig. 6).

Ele construiu um sistema de antenas e montou-o sobre o chassi de um automóvel antigo, de modo que a antena pudesse se deslocar em trajetória circular. Jansky descobriu então que a maior parte do ruído nas telecomunicações era causada por tempestades próximas e por distúrbios elétricos atmosféricos mais distantes. Entretanto, mesmo depois que essas fontes de interferência foram encontradas e o problema foi praticamente resolvido, persistia um ruído de fundo durante as transmissões.

Após gravar o ruído por um longo período de tempo, Jansky percebeu que ele apresentava certa regularidade, sendo mais acentuado no mesmo horário todos os dias. Além disso, ele observou que a fonte produtora do ruído de fundo se movimentava atravessando o céu de leste a oeste, o que o levou a acreditar que ela se situava fora da Terra, provavelmente no Sol. Assim, Jansky formulou sua hipótese sobre a origem das ondas de rádio que chegavam à Terra. Os registros de Jansky também mostravam que a quantidade de ruído aumentava significativamente durante as tempestades.

Em outro experimento, realizado sem tempestades, o ruído persistiu. Após diversas novas observações, Jansky concluiu, com base nos resultados experimentais, que a fonte daquele ruído não era o Sol, e sim estrelas localizadas no centro de nossa galáxia, a Via Láctea.

Karl Jansky foi um dos primeiros cientistas a estudar ondas de rádio originadas em corpos celestes. Seus experimentos foram divulgados em publicações científicas, e outros pesquisadores puderam aprender mais sobre essa descoberta. Com base nas pesquisas pioneiras de Jansky surgiu e se desenvolveu um novo campo de pesquisa, a Radioastronomia.



NRAO/AUI/NSF/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

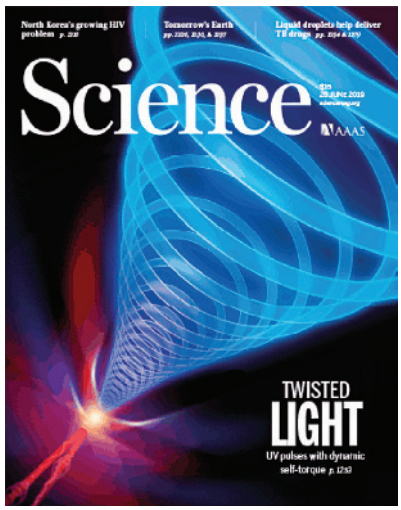
Figura 6 O engenheiro Karl Jansky reuniu criatividade e metodologia científica em experimentos que resultaram em descobertas importantes para o conhecimento estelar e do Universo.

4. A comunicação entre os cientistas

Uma das exigências da Ciência é que ideias e conclusões científicas se tornem públicas, de modo que possam ser criticadas por qualquer pessoa com argumentos para isso. Teorias e hipóteses só passam a integrar o corpo da Ciência se forem publicadas como artigos em revistas especializadas e credenciadas pela comunidade científica. A publicação dos resultados científicos é imprescindível, pois dá credibilidade às informações levantadas, permitindo consultas e críticas.

As revistas especializadas em publicações científicas são geralmente subsidiadas por sociedades científicas ou instituições de pesquisa. Os editores de revistas científicas, geralmente pesquisadores renomados em sua área de atuação, têm a função de avaliar se os artigos enviados pelos autores preenchem os requisitos mínimos para publicação. Nesse trabalho eles são auxiliados por outros cientistas, que, atuando como árbitros, têm a incumbência imparcial e geralmente anônima de analisar os trabalhos científicos apresentados e recomendar a aceitação ou rejeição da publicação. Também pode ocorrer a aceitação do trabalho desde que se façam as correções e as complementações sugeridas pelos revisores.

A revisão dos artigos científicos tem por objetivo identificar banalidades e excentricidades e verificar o ineditismo, a relevância, a qualidade e a adequação da investigação apresentada. Esse procedimento, conhecido como "julgamento por pares", evita que a autoridade ou a fama de um pesquisador sejam, por si só, suficientes para a aceitação de suas ideias. Qualquer pesquisador, seja ele iniciante ou consagrado, passará pelo mesmo processo sempre que quiser publicar seus trabalhos e suas ideias em uma revista científica conceituada (Fig. 7).



REPRODUÇÃO

Figura 7 Capa da revista estadunidense *Science*, edição de junho de 2019, publicada pela *American Association for the Advance of Science*, que traz artigos de diversas áreas das Ciências Naturais.

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

EM MODERAÇÃO

Um artigo científico geralmente apresenta os seguintes itens: título, resumo, introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusão e referências bibliográficas.

O **título** identifica o estudo realizado pelo artigo científico. Sua finalidade é passar ao leitor a ideia central do estudo.

O **resumo** é um pequeno texto que apresenta, de maneira concisa, os principais assuntos tratados no artigo.

A **introdução** tem por finalidade situar o tema em estudo, apresentando os objetivos da investigação realizada, as hipóteses testadas e estudos relacionados já publicados em revistas científicas.

O item relativo aos **materiais e métodos** descreve detalhadamente todos os procedimentos e os materiais utilizados na investigação, o que possibilita que, em uma eventual repetição por outros cientistas, o estudo possa ser feito nas mesmas condições.

No item referente aos **resultados**, relata-se minuciosamente o que foi observado durante os estudos, com base nos dados obtidos com as técnicas empregadas.

No item **discussão**, os autores analisam criticamente o próprio trabalho e as hipóteses testadas, confrontando seus resultados com o conhecimento vigente, apresentado em outras publicações. Outro aspecto importante da discussão é avaliar qual é a contribuição do estudo em questão em um panorama científico mais amplo.

O item de **conclusão** apresenta as considerações finais sobre a investigação, avaliando as hipóteses que foram testadas durante o estudo e as possibilidades de continuidade do trabalho.

O item **referências bibliográficas** relaciona artigos científicos que foram consultados durante o trabalho com indicação dos respectivos autores, nome da revista em que foram publicados, volumes, páginas e datas de publicação.

Artigos veiculados em jornais, em revistas de divulgação científica e em livros-texto não são comparáveis, em termos de contribuições inéditas ao conhecimento científico, aos publicados em revistas científicas especializadas, uma vez que não são submetidos a julgamento por especialistas. Publicações em jornais e revistas não especializados em Ciência, assim como programas de televisão, desempenham papel importante na popularização do conhecimento científico, mas não acrescentam novos conhecimentos para a comunidade científica. A divulgação científica é muitas vezes realizada por jornalistas especializados, que interpretam artigos de revistas científicas para os leitores leigos. Há também cientistas que se dedicam à divulgação popular da Ciência. Livros didáticos como este não têm por objetivo agregar ideias originais ao conhecimento científico. Seu papel é apresentar, de forma organizada e coerente, as ideias centrais vigentes em determinada área do conhecimento, para auxiliar os estudantes na compreensão e na integração de conceitos fundamentais em Ciência, o que lhes facilitará desenvolver uma visão científica do mundo.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

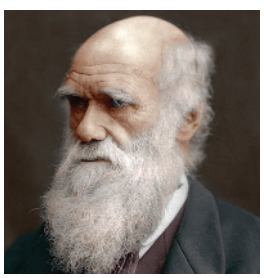
Atividade em grupo

Reúna-se em grupo com os colegas e façam uma pesquisa das universidades, laboratórios ou centros de pesquisa que existem em sua região. Identifiquem um desses locais e as pesquisas que são desenvolvidas nele. Em seguida, agende uma entrevista presencial, ou por *e-mail*, com o pesquisador responsável por um dos trabalhos. Pergunte a ele se outros laboratórios, grupos ou centros de pesquisa, de outras regiões do país, se dedicam a estudar essa mesma linha temática. Compartilhe esses resultados com os demais colegas da classe.

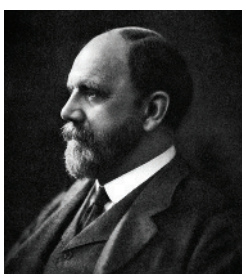
Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Nesta atividade você terá o desafio de transpor os registros e os textos das experiências de Charles e Francis Darwin (Fig. 8) para o formato tradicional de artigo científico (título, resumo, introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusão e referências bibliográficas). Para ampliar e aprofundar seu texto, pesquise na internet mais informações e detalhes sobre o trabalho realizado por Charles e Francis Darwin.



THE PRINT COLLECTOR/ PRINT COLLECTOR/GETTY IMAGES



APIC/HULTON ARCHIVE/GETTY IMAGES

Figura 8 Fotografias de Charles Darwin, que lançou as bases da teoria evolucionista moderna (à esquerda), e de seu filho Francis (ao lado).

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

MODERNA

5. Áreas do conhecimento científico sobre a natureza

Alguns estudiosos acreditam que a Ciência evolui de forma cumulativa e linear, sendo o conhecimento atual resultado do acúmulo linear de estudos anteriores. Mas nem todos os filósofos das Ciências pensam dessa forma.

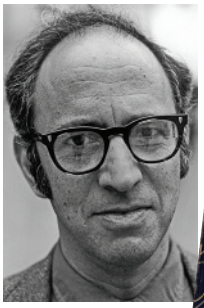
Em 1962, o físico e historiador da Ciência estadunidense Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) lançou o livro *A estrutura das revoluções científicas*. Nesse livro, Kuhn afirma que a "ciência normal" é sustentada por um **paradigma**, ou seja, um padrão que serve como modelo a ser imitado ou seguido. Um paradigma é equivalente a uma teoria então vigente. Um paradigma é abalado quando alguma "anomalia" é detectada em um sistema de conhecimentos e não é mais possível apresentar explicações para ela baseando-se no paradigma vigente (Fig. 9).

A formulação de um novo paradigma capaz de explicar essa anomalia substituirá o paradigma antigo. De acordo com Thomas Kuhn, esse período em que um paradigma está sendo substituído por outro constitui uma "revolução científica".

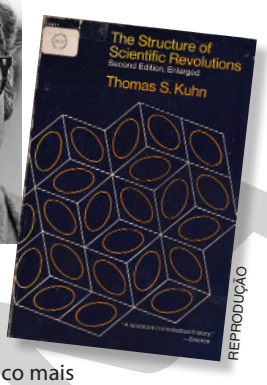
Por exemplo, a passagem do modelo geocêntrico, ou geocentrismo, para o modelo heliocêntrico é um exemplo de mudança de paradigma. O geocentrismo, que considerava a Terra o centro do Universo, foi aceito durante séculos, até que estudos sobre os movimentos dos planetas acabaram por substituí-lo pelo modelo heliocêntrico, no qual o Sol ocupa o centro do Sistema Solar e os planetas e outros astros giram ao seu redor.

Um dos exemplos de revolução científica mencionados por Kuhn é a que ocorreu em razão da teoria atômica de Dalton. Até a proposição da teoria atômica daltoniana, no início do século XIX, não havia clara distinção entre o que atualmente chamamos de substâncias compostas (por exemplo, água ou açúcar) e de soluções (por exemplo, água com açúcar nela dissolvido). A teoria de Dalton causou uma mudança de paradigma tão relevante que os químicos revisaram muitos dos elementos anteriormente estudados, reclassificando vários deles.

Outra revolução científica teria ocorrido entre o fim do século XIX e o início do século XX, com o surgimento das teorias de Albert Einstein, Max Planck e muitos outros, dando origem à chamada Física Moderna.



BILL PIERCE/THE LIFE IMAGES COLLECTION/ GETTY IMAGES



REPRODUÇÃO

Figura 9
Fotografia de Thomas Kuhn nos anos 1960, quando tinha pouco mais de 40 anos de idade, e capa de um de seus livros mais importantes, *A estrutura das revoluções científicas*, de 1962.

As Ciências Naturais

O termo "ciência" provém do latim *scientia*, que significa conhecimento. A metodologia científica tem ajudado muito na busca incessante da humanidade em conhecer e compreender a origem e a organização da natureza. A Ciência é um empreendimento coletivo e em contínua construção, uma atividade em constante mudança pela qual passam os saberes e os esforços da humanidade sobre a natureza.

Milhares de cientistas em todo o mundo tentam sistematizar suas descobertas, ajudando a constatar leis científicas e a elaborar ou reelaborar modelos ou teorias, que passam por testes continuamente. Conforme vimos anteriormente, teorias são ideias amplas, modelos capazes de explicar coerentemente um conjunto de fenômenos da natureza. Por exemplo, a teoria celular, em Biologia, enuncia que todos os seres vivos são constituídos por microcompartimentos denominados células. A teoria atômica, em Química, refere-se aos átomos que constituem todas as substâncias químicas.

Leis científicas descrevem regularidades que se manifestam na ocorrência de fenômenos naturais. Geralmente as leis científicas ganham destaque somente após exaustivas e detalhadas pesquisas. Por exemplo, a formulação das leis de Mendel, que foram assim denominadas no início dos anos 1900, decorreu das dezenas de experimentos realizados pelo cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884)

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

com ervilhas, descobrindo regularidades na transmissão das características hereditárias. A lei do gás ideal, utilizada em Física e em Química, decorreu de muitos experimentos em que se investigaram as relações entre pressão, volume, temperatura e quantidade de substância gasosa.

Hoje em dia, a Ciência está muito associada à tecnologia (Fig. 10). Mas nem sempre foi assim, pois **tecnologia** refere-se a um conjunto de métodos e técnicas para obter determinados resultados práticos. Por exemplo, a tecnologia da fermentação e da fabricação de pães surgiu muito antes das descobertas científicas sobre a natureza das leveduras, os fungos microscópicos responsáveis pela fermentação do pão. A tecnologia para produzir ferro já era conhecida por alguns povos há mais de 3 mil anos, mas a compreensão da reação química envolvida nesse processo só ocorreu no século XIX (Fig. 11).

SHEILA TERRY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 11 Ilustração que retrata, ao fundo, um forno para a obtenção de ferro fundido a partir de carvão e de minério de ferro, na região da atual Turquia, por volta de 1200 a.C. A modelagem desse metal era feita por martelamento (primeiro plano). O entendimento em nível atômico-molecular da reação química que acontece no forno só ocorreu no século XIX. (Gravura de Louis Figuier, 1870.)

O divulgador da Ciência britânico Simon Singh (1964-), autor do livro *O último teorema de Fermat*, apresentou uma bem-humorada distinção entre Ciência e tecnologia: "[…] tecnologia envolve o que é necessário fazer para tornar a vida humana e mesmo a morte mais cômodas, enquanto que Ciência é simplesmente um esforço para compreender o mundo".

Atualmente, as tecnologias e a Ciência caminham geralmente associadas, o que vem trazendo inúmeros benefícios práticos à humanidade. Por exemplo, os conhecimentos científicos da Química Orgânica são empregados em tecnologias para a produção de medicamentos destinados ao tratamento de grande número de doenças.

As chamadas **Ciências Naturais** referem-se aos diferentes ramos que se utilizam da metodologia científica para estudar a natureza. As Ciências Sociais e as Ciências Humanas, por sua vez, utilizam a metodologia científica para estudar as sociedades humanas. A Matemática, a Estatística e as Tecnologias de Informação, embora não sejam consideradas ciências naturais, participam do conhecimento científico sobre a natureza fornecendo "ferramentas" operacionais para que os cientistas avaliem e validem suas hipóteses, leis e teorias.

Entre os principais ramos em que se pode dividir as Ciências Naturais estão a Física, a Química e a Biologia. Atualmente, cada vez mais se acentua a tendência de considerar também áreas interdisciplinares, como a Físico-Química, a Bioquímica e a Biofísica, além de áreas emergentes, como as Ciências Ambientais, que congregam diversos ramos do conhecimento científico para compreender e preservar os ambientes naturais e sua biodiversidade.

VITTORIANO RASTELLI/CORBIS HISTORICAL/GETTY IMAGES

Figura 10 A cientista italiana Rita Levi-Montalcini (1909-2012), em foto de 1988, recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1986 pela descoberta do fator de crescimento nervoso, uma proteína produzida pelo organismo que tem efeito sobre o crescimento, a manutenção e a sobrevivência de determinados neurônios. Sua pesquisa científica acarretou, entre outros progressos tecnológicos, o desenvolvimento de tratamentos para glaucoma e úlceras na córnea. Atualmente, há grande relação entre avanços científicos e tecnológicos.

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

MODELO

A Física

A **Física** (do grego *physis*, natureza) pode ser considerada fundamental para as outras ciências e também para muitas tecnologias, uma vez que se dedica a estudar os componentes básicos dos diferentes fenômenos e leis que governam interações físicas entre eles.

O campo de estudo da **Física Clássica** é geralmente dividido em cinco grandes áreas: Mecânica, Termofísica (calor e termodinâmica), Óptica (luz e visão), Ondas (que inclui o estudo do som e da audição) e Eletromagnetismo (eletricidade e magnetismo). A **Física Moderna**, que teve início com as teorias elaboradas a partir do início do século XX, abrange a Relatividade e a Cosmologia, a Astrofísica, a Física Quântica, a Física Nuclear e a Física da Matéria Condensada (Fig. 12).

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 12 Os campos de estudo da Física Clássica (em amarelo) e da Física Moderna (em verde).

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

Responda às questões a seguir, justificando cada uma delas.

1. Seu colega afirma: "Eu tenho uma *teoria* sobre por que ele precisou faltar à aula hoje!". O significado da palavra "*teoria*" nessa frase é diferente do significado quando ela é usada em Ciências da Natureza?
2. A astrologia – atividade que realiza previsões sobre o futuro com base na posição de astros e estrelas no céu – não é reconhecida como Ciência pela comunidade científica. Quais seriam os motivos pelos quais não há esse reconhecimento? Se você não conhece astrologia, informe-se com o professor.
3. Em Ciências da Natureza, em vez de dizer que determinada "teoria é verdadeira", prefere-se dizer que ela é "atualmente aceita". Por que os cientistas fazem essa distinção?

A Química

A **Química** (do grego *khumeía*, pelo árabe latinizado *alchimia*, alquimia) inclui o estudo das substâncias, naturais ou artificiais, visando ao conhecimento de sua constituição, de suas propriedades, de suas transformações e da maneira como diferentes substâncias se formam, tanto em processos naturais quanto em laboratórios ou indústrias.

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

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

MODERNA

Desde o início do século XX, a atuação da Química foi fortemente influenciada por avanços da Física Moderna, originando novas frentes de pesquisa e aprimorando outras, como a pesquisa de materiais de interesse da sociedade (ligas, cerâmicas, polímeros, nanomateriais etc.), o desenvolvimento de novos fármacos (substâncias com atuação medicamentosa) e de métodos para monitoramento dos ambientes, controle da poluição, garantia da qualidade de alimentos e reciclagem de materiais (Fig. 13 e Fig. 14).

LAWRENCE MIGDALE/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 13 A nanotecnologia é um ramo da atividade tecnológica que utiliza Ciências da Natureza e Engenharia na modificação da estrutura dos materiais com propósitos tecnológicos. A escala de tamanho com a qual trabalha a nanotecnologia situa-se geralmente entre 1 e 100 nanômetros (um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro, ou seja, 0,000 000 001 ou 10^{-9} m). Na foto, pesquisadora utilizando um microscópio eletrônico para visualizar a nanoestrutura de um material. (Brookhaven National Laboratory, Nova York, EUA, 2011.)

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

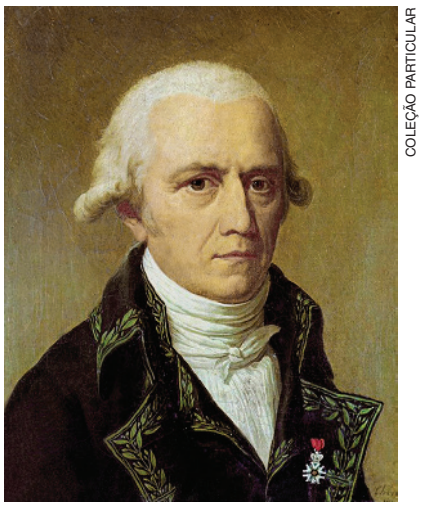
Figura 14 Algumas áreas de pesquisa em Química, representadas em amarelo, e alguns campos de aplicação tecnológica dessas áreas, representados em verde.

A Biologia

Até o século XVIII, as entidades da natureza classificavam-se em três grandes reinos: animal, vegetal e mineral. Essa separação indicava que os vegetais eram considerados tão diferentes dos animais quanto estes são diferentes dos minerais.

O avanço do conhecimento sobre a natureza ao longo do século XVIII mostrou que animais e vegetais compartilham características que os unem e os distinguem dos minerais. Que características são essas? As principais são a organização corporal complexa e as capacidades de crescer, de se reproduzir e de morrer. Foi com base nesses parâmetros que, em 1778, o naturalista francês Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829), também conhecido como Chevalier de Lamarck, propôs a divisão da natureza em dois grandes grupos: o dos minerais, que ele chamou de seres inorgânicos (sem organização), e o dos animais e vegetais, denominados seres orgânicos (com organização corporal). Assim surgia a **Biologia** (do grego *biós*, vida, e *logos*, estudo) como Ciência (Fig. 15).

A partir do século XIX a Biologia tornou-se um campo de pesquisa reconhecido e independente dentro das Ciências Naturais, passando a empregar os mesmos procedimentos que caracterizam a Ciência moderna. Entre as divisões clássicas da Biologia distinguem-se a **Citologia**, que estuda as células e seus processos metabólicos, a **Genética**, que pesquisa a natureza dos genes e sua transmissão ao longo das gerações, a **Evolução**, que se dedica a compreender a origem e a evolução da vida na Terra, e a **Ecologia**, que estuda as interações entre os seres vivos e o ambiente, além da **Botânica**, que estuda a diversidade, a morfologia e a fisiologia das plantas, e a **Zoologia**, que estuda os animais.



COLEÇÃO PARTICULAR

Figura 15 Retrato do naturalista francês que ficou conhecido como Lamarck. Ele elaborou uma teoria sobre a evolução dos seres vivos em que ressaltava a herança de características adquiridas pelo uso e desuso de órgãos. Essa teoria não resistiu ao avanço da Ciência e foi abandonada, mas deve-se a Lamarck ressaltar o papel da adaptação como evidência evolutiva.

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

MODERNA

No século XXI a Biologia vem ocupando papel de destaque na busca de soluções para grandes desafios da humanidade. O principal deles é, sem dúvida, a **sustentabilidade ambiental**, ou seja, a capacidade de manter a harmonia entre a nossa espécie, os outros seres vivos e os recursos do planeta, de modo a garantir a sobrevivência e o bem-estar das gerações futuras (Fig. 16).

ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

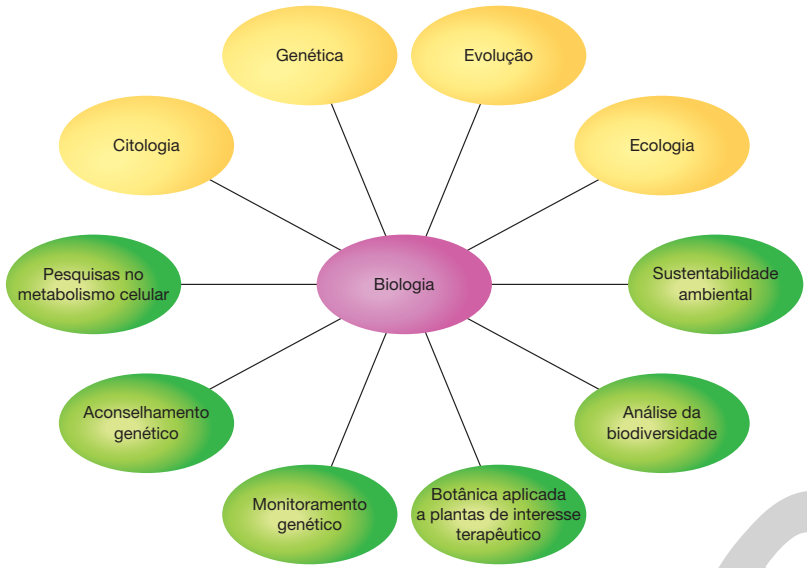


Figura 16 Algumas áreas de pesquisa em Biologia, representadas em amarelo, e alguns campos de aplicação dessas áreas, representados em verde.

No decorrer dos nossos estudos veremos que a Física, a Química e a Biologia estão presentes em nosso dia a dia, em tudo o que acontece conosco e ao nosso redor. Em casa, na escola ou no trabalho, estamos constantemente em contato com fenômenos naturais.

Edifícios, pontes e viadutos são construídos com base em teorias desenvolvidas pela Física em um ramo da Mecânica denominado Estática. A iluminação pública tornou-se possível por meio do desenvolvimento da Eletricidade. Os automóveis apresentam aplicações de conhecimento provenientes de áreas da Física como a Mecânica, a Eletricidade e a Termodinâmica (Fig. 17).

A produção de cimento, aço, vidro, alumínio, tintas, polímeros diversos, combustíveis e inúmeros bens necessários ao bem-estar dos seres humanos decorre de progressos da Química. Processos metabólicos que ocorrem nos seres vivos, assim como interações entre os seres vivos, a atmosfera, a água e o solo, são compreendidos com o auxílio da Química e da Biologia, principalmente. O simples fato de o céu ser azul deve-se a fenômenos que ocorrem durante a passagem da luz solar pela atmosfera terrestre. Pense nisso ao estudar as Ciências Naturais.

JOÃO PRUDENTE/PULSAR IMAGENS

Figura 17 A fotografia retrata uma cena comum em qualquer cidade do mundo: automóveis, edifícios e pouco verde. Para o olhar de um físico, de um químico ou de um biólogo, essa foto (Avenida do Contorno, Belo Horizonte, MG, 2014) mostra incontáveis aspectos do nosso mundo que podem ser estudados pelas Ciências Naturais.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Conhecer a trama da vida é fundamental para que possamos atuar, como cidadãos conscientes, na busca de soluções para a preservação dos ambientes naturais da Terra. Esse é um dos motivos pelos quais os cidadãos precisam conhecer os fundamentos das Ciências Naturais. Como exercício, tente descobrir o que você pode fazer para ajudar na empreitada rumo à sustentabilidade ambiental. Converse com o professor e os colegas a respeito da sustentabilidade, também chamada de desenvolvimento sustentável, e procure identificar aspectos ou características da sustentabilidade relacionados às diferentes áreas das Ciências da Natureza: Física, Química, Biologia e também relativos às Ciências Humanas e Sociais.

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

MODERNA

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Dois cientistas realizaram o seguinte experimento: alimentaram larvas de uma espécie de mosca com dietas que diferiam quanto à presença de aminoácidos, unidades componentes das proteínas. Um grupo de larvas foi alimentado com uma dieta completa, com todos os vinte tipos de aminoácidos naturais, além de água, sais minerais, açúcares e vitaminas. Cinco outros grupos de larvas, semelhantes ao primeiro, foram alimentados com dietas nas quais faltava apenas um dos aminoácidos. Os resultados obtidos estão representados no gráfico ao lado.

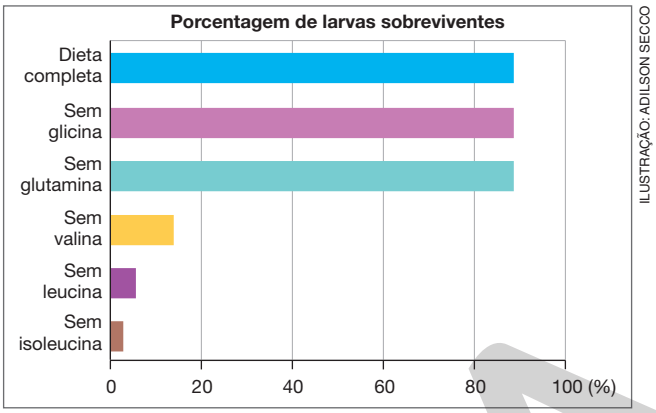


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Com base nessas informações, responda às questões a seguir no caderno.

a) Qual era a provável hipótese testada pelos cientistas?

b) Qual grupo de larvas representa o grupo controle e qual é sua importância para o experimento?

c) Qual foi a variável testada nos grupos experimentais?

d) A que conclusões é possível chegar com base nos resultados do experimento?

2. (**UERN**) A metodologia científica está presente em todas as áreas do conhecimento, objetivando solucionar problemas do mundo real, assim como novas descobertas, através de resultados metodicamente sistematizados, confiáveis e verificáveis. Acerca dos objetivos e conceitos epigrafados anteriormente, é INCORRETO afirmar que

2. b

a) a hipótese, quando confirmada por grande número de experimentações, é conhecida como teoria, embora nunca seja considerada uma verdade absoluta.

b) após realizar a dedução, não são necessárias novas observações ou experimentações, permitindo que se tirem, a partir desta dedução, uma conclusão sobre o assunto.

c) um aspecto importante da ciência é que os conhecimentos científicos mudam sempre e, com base nesses conhecimentos, novas teorias são formuladas, substituindo, muitas vezes, outras aceitas anteriormente.

d) ao formularem uma hipótese, os cientistas buscam reunir várias informações disponíveis sobre o assunto. Uma vez levantada a hipótese, ocorre a dedução, prevendo o que pode acontecer se a hipótese for verdadeira.

Leia o texto a seguir para responder às questões 3 e 4.

> "[...] Os cientistas devem aceitar descobertas experimentais mesmo quando gostariam que os resultados obtidos fossem diferentes. Devem esforçar-se para distinguir entre o que veem e o que desejam ver, pois os cientistas, como as pessoas, têm grande capacidade de enganar a si mesmos. As pessoas têm sempre a tendência de adotar regras, crenças, credos, ideias e hipóteses, sem questionar profundamente a sua validade, e a mantê-los por muito tempo após terem se mostrado sem significado, falsos ou no mínimo questionáveis. As suposições mais difundidas são frequentemente as menos questionadas. Muitas vezes, quando uma ideia é adotada, uma atenção especial é dada aos casos que parecem corroborá-la, ao passo que aqueles casos que parecem refutá-la são distorcidos, depreciados ou ignorados. [...]"
>
> Fonte: HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

3. Reescreva no caderno, com suas palavras, o trecho a seguir: "Muitas vezes, quando uma ideia [...] ou ignorados." Se necessário, consulte um dicionário de Português para encontrar substitutos para as palavras menos comuns utilizadas no texto. Qual é a importância de considerar os casos que refutam uma hipótese?

4. Frequentemente recebemos pelas mídias sociais conselhos de medicamentos caseiros ou procedimentos que podem curar ou preservar a saúde, acompanhados de motivos que os justificam. Que relação há entre o texto citado e conselhos desse tipo? Seria seguro seguir determinados conselhos somente porque eles contêm justificativas que parecem convincentes? Que precauções devemos ter nesses casos? Escreva um texto argumentativo relacionando sua resposta a essas perguntas com o que respondeu na atividade anterior.

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

MODERNA

CAPÍTULO 2

UNIDADES DE MEDIDA

CENOM - CENTRO EDUCACIONAL NOSSO MUNDO PROFª JEANE DE FÁTIMA

Estudantes participam do projeto Eratóstenes e medem o tamanho da sombra formada por um anteparo em escola do Rio de Janeiro. Foto de dezembro de 2013.

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

Imagine que você esteja na cidade de Salvador, Bahia, e lhe digam que "nesta cidade, por volta do meio-dia nos dias 21 de fevereiro e 21 de outubro, as sombras dos objetos desaparecem por completo". Muitas pessoas poderiam perguntar: "Mas as sombras não desaparecem sempre ao meio-dia, em qualquer lugar, em qualquer época do ano?". A resposta a essa pergunta é não. A sombra fica menor ao meio-dia; em alguns locais, dependendo da **latitude** e da **época do ano**, a sombra pode até desaparecer. Por exemplo, em locais próximos do Trópico de Capricórnio, os raios solares atingem a superfície da Terra perpendicularmente, causando o desaparecimento das sombras ao meio-dia do solstício de verão (21 ou 22 de dezembro). Agora, imagine novamente que alguém lhe diga que "nesta cidade, ao meio-dia de determinado dia, as sombras dos objetos desaparecem, mas, em outra cidade logo mais ao norte, isso não ocorre no mesmo dia". A maioria absoluta das pessoas acharia o fato, no máximo, curioso. E só.

O grego Eratóstenes de Cirene (276 a.C.-194 a.C.) foi geógrafo, matemático, poeta, astrônomo e desempenhou a função de diretor da Biblioteca de Alexandria, no Egito. Ele soube que esses fatos sobre as sombras ocorriam em um solstício de verão na cidade de Siena, atual Assuã, no Egito, e elaborou um experimento para verificar a hipótese de que a Terra era esférica. Com o experimento, Eratóstenes conseguiu medir indiretamente a circunferência da Terra. Essa foi a primeira medida da circunferência da Terra e a mais precisa por muitos séculos.

De olho na BNCC:

- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CHS106
- EM13LGG303
- EM13LGG704
- EM13MAT103
- EM13MAT302
- EM13MAT308
- EM13MAT401
- EM13MAT501
- EM13MAT510

É interessante notar que Eratóstenes nasceu e viveu muito tempo antes de ser estabelecido, como conhecemos hoje, o **método científico**. Porém, em seus trabalhos, observam-se elementos que hoje utilizamos para descrever o método científico, como:

- **Caracterização**: ele observou e mediu a sombra ao meio-dia do solstício de verão em Alexandria.
- **Hipóteses**: Eratóstenes estabeleceu as hipóteses de que a Terra era esférica e a luz se propagava em linha reta, projetando sombras onde incidia.
- **Experimentos**: ele mediu o ângulo (θ, ver figura ao lado) entre a luz incidente e a sombra no chão, projetada por uma haste perpendicular à superfície durante o solstício de verão, ao meio-dia, em Alexandria; buscou informações sobre a distância entre Siena e Alexandria e, com base nesses dados, calculou a circunferência da Terra.

Para atingir seu objetivo, era fundamental obter a **medida**, mais precisa possível, da **distância** entre Siena e Alexandria. Segundo alguns historiadores, para chegar a esse resultado Eratóstenes contratou um viajante e pediu-lhe que contasse a quantidade de passos dados nesse percurso. Em outras versões dessa história, o grego utilizou o tempo médio de viagem com carros de boi entre as duas cidades para calcular essa distância, com base em valores conhecidos da velocidade média dos carros na estrada. Os registros dessa distância indicam **5.040 estádios**, **unidade de medida** utilizada na época, o que levou a um valor de 252 mil estádios para a medida da circunferência da Terra.

Neste capítulo, vamos apresentar o Sistema Internacional de Unidades, geralmente representado por SI, suas principais recomendações e os prefixos, correspondentes à potência de dez, usados para indicar quantidades muito grandes ou muito pequenas. Vamos mostrar também como transmitir informações utilizando diferentes tipos de gráficos e como interpretá-las.

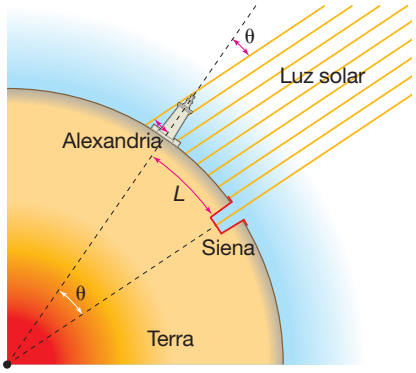


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Representação dos raios solares incidindo sobre as cidades de Siena (atual Assuã) e Alexandria, ambas no Egito. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Atividade em grupo Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Em grupos, respondam às perguntas abaixo:

a) Qual é a medida do comprimento da sala em que vocês estão? Deem a resposta da melhor forma possível com base em objetos cuja medida vocês julgam conhecer aproximadamente. Respondam à pergunta sem utilizar unidades que contenham a palavra metro, como centímetro, milímetro etc.

b) Todos os grupos forneceram respostas iguais?

c) Se as respostas forem diferentes umas das outras, é possível afirmar que apenas uma está correta e as outras estão erradas?

A atividade tem o objetivo de ilustrar a importância que um **padrão de medida** tem para nós, não apenas na ciência, mas em nosso cotidiano também. Usamos diferentes unidades de medida nas mais diversas atividades do dia a dia, por exemplo, quando compramos algum alimento ou bebida, quando preparamos receitas ou mesmo quando nos comunicamos.

A medição de uma quantidade é sempre feita em comparação com uma medida-padrão, que chamamos de **unidade de medida**.

Atualmente, quase todas as pesquisas científicas exigem a manipulação e a análise de imensa quantidade de dados. Com o surgimento do computador, depois da Segunda Guerra Mundial, o tratamento desses dados passou a ser feito em muito menos tempo. Na maioria dos casos, esses dados representam medidas de diferentes tipos de grandeza, como comprimentos, velocidades, forças, volumes etc.

YUANGENG ZHANG/SHUTTERSTOCK

Ao efetuar uma medição, estamos verificando quantas vezes a quantidade medida é maior que uma unidade-padrão previamente definida. Na foto, o juiz está medindo a altura do sarrafo do salto em altura, no campeonato de saltos na província de Hebei, China, 2015.

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

MODERNA

1. O Sistema Internacional de Unidades (SI)

Em nossa exploração do mundo físico, vamos trabalhar com um grande número de grandezas que poderão assumir uma enorme variedade de valores.

Nas Ciências da Natureza, algumas grandezas desempenham um papel fundamental quando tratamos de medidas. Praticamente todos os fenômenos naturais que percebemos são apresentados no tempo e no espaço por meio da matéria. É natural, portanto, que entre as grandezas consideradas fundamentais estejam: o **tempo**, o **comprimento** e a **massa**.

As unidades de medida só passaram a ser padronizadas cerca de 200 anos atrás. Antes disso, a comunicação entre as comunidades científicas era muito difícil. Povos diferentes usavam unidades de medidas particulares, e a confusão que isso provocava era inevitável.

Uma primeira tentativa de padronização de medidas ocorreu na França em 1790, época da Revolução Francesa. O sistema então criado pela Academia de Ciências de Paris, denominado **Sistema Métrico Decimal** e que gradativamente passou a ser aceito em quase todo o mundo, adotava como unidades de medida o metro (m), o quilograma (kg) e o segundo (s).

O sistema de unidades utilizado hoje em dia no Brasil e na maioria dos países é o denominado **Sistema Internacional de Unidades**, abreviadamente **SI**, derivado do antigo Sistema Métrico Decimal.

O SI é composto de sete unidades de base, ou fundamentais, e de duas unidades suplementares, de unidades derivadas e de múltiplos e submúltiplos de todas elas. Qualquer grandeza física pode ser definida como uma relação entre as sete unidades fundamentais. Essas grandezas são chamadas de grandezas derivadas.

O diagrama a seguir mostra as unidades de base e as suplementares, com suas respectivas grandezas associadas (em destaque), unidades de medida e os símbolos correspondentes (Fig. 1).

Figura 1 O Sistema Internacional de Unidades é constituído de sete unidades fundamentais (ou de base), de outras unidades que delas derivam e de duas unidades suplementares, de característica geométrica.

A seguir, vamos explicar com mais profundidade as unidades de medida de comprimento, massa e tempo, muito importantes no estudo de Ciências da Natureza.

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

Comprimento

A primeira tentativa de padronização internacional foi feita pela Academia de Ciências de Paris. Em 1790, ela instituiu o **metro** (**m**), derivado da palavra grega *métron*, que significa "medida", como unidade de medida-padrão para comprimento.

Na época, o metro foi definido como a décima milionésima parte $\left(\frac{1}{10.000.000}\right)$ da distância, ao longo da superfície da Terra, entre o equador terrestre e o Polo Norte. Esse comprimento foi então reproduzido em uma barra de platina.

Essa definição do metro passou por várias alterações ao longo do tempo em decorrência dos avanços tecnológicos e da necessidade de estabelecer um padrão de forma mais precisa.

Em 1983, durante a XVII Conferência Geral de Pesos e Medidas, o metro foi definido com maior precisão, tomando-se como base a velocidade da luz no vácuo. O metro é, atualmente, definido como a distância percorrida pela luz, no vácuo, durante o intervalo de tempo de $\frac{1}{299.792.458}$ s.

Em escala atômica, para representar o comprimento de onda das radiações luminosas ou das partículas subatômicas, é bastante comum utilizar a unidade de comprimento denominada **angström**, símbolo **Å**. Expressamos a relação dessa unidade com o metro da seguinte forma:

$$1 Å = 10^{-10} \text{ m}$$

Massa

O padrão de medida para massa foi estabelecido inicialmente em função de um volume de água. Assim, o **quilograma** (**kg**) correspondia à massa de água, sob certas condições de temperatura e pressão, contida em um cubo cujas arestas mediam $\frac{1}{10}$ da unidade de comprimento, ou seja, 0,1 m. Em 1901, definiu-se o quilograma-padrão como a massa de um cilindro feito de uma liga de platina e irídio, com 3,9 cm de diâmetro na base e 3,9 cm de altura, mantido no Bureau Internacional de Pesos e Medidas, em Gaithersburg, nos Estados Unidos (Fig. 2). Há réplicas desse cilindro em diversos laboratórios no mundo.

Tempo

A medida do tempo, desde a Antiguidade, sempre se baseou no movimento dos corpos celestes e nos movimentos de translação e de rotação da Terra. Assim, o **dia solar**, no qual nosso dia de 24 horas está baseado, é o intervalo de tempo para o Sol voltar a sua altura máxima entre dois dias consecutivos. O **ano solar** é o tempo necessário para a Terra completar uma volta do movimento de translação ao redor do Sol.

O **segundo** (**s**) foi originalmente definido como $\frac{1}{86.400}$ do dia solar médio. Mas essa definição é pouco precisa, porque o movimento de rotação da Terra ao redor de seu eixo é ligeiramente irregular. Por esse motivo, em 1967, durante a XIII Conferência Geral de Pesos e Medidas, a definição do segundo foi estabelecida em função de um padrão atômico. O segundo é atualmente definido como o intervalo de tempo correspondente a 9.192.631.770 períodos de duração da transição de um elétron entre dois níveis específicos de energia de um isótopo do átomo de césio-133.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Na abertura do capítulo, apresentamos a história da primeira medida da circunferência da Terra, realizada por Eratóstenes de Cirene. Voltemos àquele exemplo:

a) Em um mapa ou em algum aplicativo digital que forneça mapas e permita obter medidas, localize Assuã e Alexandria. Se você estiver utilizando um mapa em papel, com base na escala indicada no mapa, descubra a distância entre Assuã e Alexandria. Caso tenha utilizado um aplicativo, descubra essa distância com a ferramenta "régua" ou "medição" do aplicativo. Eratóstenes utilizou uma unidade de medida de distância que não é mais usada atualmente, o estádio. O resultado obtido foi 5.040 estádios. De acordo com suas medidas, converta o valor de um estádio para o SI.

b) Efetuando os cálculos de Geometria, com base no ângulo entre raios solares e sombras, como descrito na abertura deste capítulo, Eratóstenes concluiu que a circunferência da Terra mede 252 mil estádios. Após diversos estudos envolvendo indicações de medida da época, concluiu-se que esse valor corresponde a cerca de 39.700 km, que é um valor impressionante e muito próximo de medidas atuais: 40.008 km.

Compare a relação estádio/metro, que pode ser calculada com base no texto acima, com a relação que você descobriu no item **a**. Discuta as eventuais diferenças.

THE WASHINGTON POST/GETTY IMAGES

Figura 2 Protótipo internacional do quilograma-padrão protegido por três redomas de vidro.

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

MODERNA

Relógios baseados nesse padrão (Fig. 3) são idênticos, porque todos os átomos desse isótopo de césio são indistinguíveis e a frequência das transições pode ser medida em laboratórios com precisão de quatro partes em 10^{13}.

É sempre bom relembrar que:

1 min = 60 s e 1 h = 60 min = 3.600 s

Em muitas situações, teremos que realizar operações com unidades de medida diferentes. Por esse motivo, é necessário saber como converter as diferentes unidades de medida em uma única.

Vamos tomar como exemplo a unidade de medida de tempo e resolver o problema a seguir.

Qual é o número de segundos (s) existentes em 2 h 15 min 15 s?

Como vimos há pouco, 1 min equivale a 60 s e 1 h equivale a 3.600 s.

Então: $2\text{ h} + 15\text{ min} + 15\text{ s} = 2 \cdot (3.600\text{ s}) + 15 \cdot (60\text{ s}) + 15\text{ s} =$

$= (7.200 + 900 + 15)\text{ s} = 8.115\text{ s}$

O SI estabelece várias regras para a notação das medidas. A seguir, destacamos as principais delas.

- O nome por extenso das unidades de medida começa com letra minúscula mesmo que o símbolo da unidade fique em maiúscula. Exemplos: joule (J); hertz (Hz); newton (N); segundo (s); metro (m).
- Em geral, o símbolo das unidades de medida é escrito em letras minúsculas, entretanto, se o nome da unidade derivar de um nome próprio, ele começa com letra maiúscula. Exemplos: metro = m; segundo = s; pascal = Pa; joule = J; watt = W.
- Quando se utiliza um prefixo de múltiplo ou submúltiplo, que estudaremos adiante, ele faz parte da unidade e precede o símbolo da unidade, sem espaço entre o símbolo do prefixo e o símbolo da unidade. Exemplo: km, **não** k m.
- Quando o nome da unidade é justaposto ao nome de um prefixo, não há espaço nem traço entre o nome do prefixo e o nome da unidade. Exemplo: miligrama, **não** mili-grama ou mili grama.
- Um prefixo jamais é empregado sozinho e nunca se utilizam prefixos compostos. Exemplo: nm, **não** nμm.
- Os símbolos das unidades não devem ser seguidos de ponto. Escreve-se, por exemplo, 80 cm de comprimento, **não** 80 cm. de comprimento.
- Os símbolos não variam no plural e não se misturam símbolos com nomes de unidades numa mesma expressão. Exemplos: 3 m, **não** 3 ms; coulomb por segundo, **não** coulomb por s.
- O valor numérico sempre precede a unidade e sempre existe um espaço entre o número e a unidade. Exemplos: 20 cm, **não** 20cm; 30,2 °C, **não** 30,2°C **nem** 30,2° C.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Em grupos, elaborem frases, desenhem placas indicativas diversas ou painéis de equipamentos e, em todos os exemplos, incluam indicações numéricas de medidas com unidades. Cada grupo deve elaborar um total de cinco exemplos, e três deles devem conter erros de acordo com o Sistema Internacional. Os exemplos serão apresentados e os outros grupos devem apontar os erros. A apresentação dos exemplos pode ser feita em papel, em um *software* de apresentações gráficas ou em um aplicativo *on-line* de perguntas e respostas, que podem ser apresentadas nos *tablets* ou *smartphones*.

IFSC/USP

Figura 3 Relógio atômico da Universidade de São Paulo (USP) no *campus* de São Carlos (SP). Esse relógio pode adiantar ou atrasar apenas 1 segundo a cada 1 milhão de anos.

Outras unidades de tempo muito usadas na prática são o **minuto** (min) e a **hora** (h).

MODERNA

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

1. (Acafe-SC) Para descobrir as leis físicas existentes nos fenômenos da natureza, os cientistas precisam efetuar medidas das grandezas envolvidas e quantificar as relações entre elas. Sobre a importância das medidas na física, William Thompson, também conhecido como lorde Kelvin, disse, no século XIX, que "quando não podemos exprimir as grandezas estudadas em números, o nosso conhecimento sobre o assunto não é satisfatório e dificilmente terá atingido o estágio científico".

1. e

Medir uma grandeza física é compará-la com outra grandeza de [redacted] espécie, que é a unidade de medida. Verifica-se, então, quantas vezes a [redacted] está contida na(o) [redacted] que está sendo medida(o).

A alternativa correta, que completa as lacunas acima, em sequência, é:

a) diferente – unidade – padrão
b) mesma – grandeza – unidade
c) diferente – unidade – grandeza
d) diferente – grandeza – unidade
e) mesma – unidade – grandeza

2. Prefixos do SI

A linguagem utilizada pela Física e por outras ciências exatas é a linguagem dos números. A diversidade dos números que aparecem no mundo físico é enorme. Para se ter uma ideia, a massa da Terra, por exemplo, é de cerca de 5.980.000.000.000.000.000.000.000 quilogramas (kg), enquanto o diâmetro de um próton é de cerca de 0,000 000 000 000 001 metro (m).

A grande quantidade de zeros torna a representação desses números bastante inconveniente, e, por esse motivo, usamos uma maneira mais prática para escrever valores muito grandes ou muito pequenos. Usando potência de dez, podemos escrever a massa da Terra como $5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg e o diâmetro do próton como 10^{-15} m.

Nesse tipo de notação, denominada **notação científica**, 10^3 representa $10 \cdot 10 \cdot 10 = 1.000$ e 10^{-4} representa $\frac{1}{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10} = \frac{1}{10.000} = 0{,}0001$.

Ao usar a notação científica para representar um número N qualquer, devemos escrevê-lo na forma $N = m \cdot 10^n$, em que $1 \leqslant m < 10$ é a mantissa e o expoente n, um número inteiro. Assim, o número 253, por exemplo, deve ser escrito como $2{,}53 \cdot 10^2$.

A grande vantagem do uso da notação científica é que as operações de multiplicação e de divisão podem ser feitas respectivamente por adição ou por subtração dos expoentes das potências de dez (veja o quadro ao lado), conforme os exemplos a seguir:

$$10^a \cdot 10^b = 10^{a+b}$$
$$\frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}$$
$$(10^a)^b = 10^{a \cdot b}$$

a) $(1{,}2 \cdot 10^5) \cdot (6{,}0 \cdot 10^3) = (1{,}2 \cdot 6{,}0) \cdot (10^5 \cdot 10^3) =$
$= (1{,}2 \cdot 6{,}0) \cdot (10^{5+3}) = 7{,}2 \cdot 10^8$

b) $\frac{4{,}5 \cdot 10^{-6}}{1{,}5 \cdot 10^{-2}} = \frac{4{,}5}{1{,}5} \cdot 10^{-6} \cdot 10^{+2} = \frac{4{,}5}{1{,}5} \cdot (10^{-6+2}) = 3{,}0 \cdot 10^{-4}$

Para facilitar ainda mais a notação das grandezas, é bastante comum utilizar prefixos representando as potências de dez. A tabela ao lado traz a denominação dos principais prefixos de acordo com a regulamentação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). Os prefixos mais comuns utilizados na Física foram colocados em negrito.

Tabela 1 – Principais prefixos do SI

Nome	Símbolo	Fator multiplicativo
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	**G**	$\mathbf{10^9}$
mega	**M**	$\mathbf{10^6}$
quilo	**k**	$\mathbf{10^3}$
hecto	h	10^2
deca	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	**c**	$\mathbf{10^{-2}}$
mili	**m**	$\mathbf{10^{-3}}$
micro	**μ**	$\mathbf{10^{-6}}$
nano	**n**	$\mathbf{10^{-9}}$
pico	**p**	$\mathbf{10^{-12}}$
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Fonte consultada: INMETRO. *Sistema Internacional de Unidades*: SI. 1. ed. brasileira da 8. ed. do BIPM. Duque de Caxias: Inmetro/CICMA/Sepin, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2020.

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

MODERNA

Considere que um homem caminha com velocidade $v_H = 3{,}6$ km/h, uma ave voa com velocidade $v_A = 240$ m/min e um peixe nada com velocidade $v_P = 180$ cm/s. Disponha essas velocidades em ordem crescente.

Para comparar as três velocidades, devemos primeiro convertê-las para uma mesma unidade de medida. Assim, vamos convertê-las para m/s.

- para o homem: $v_H = 3{,}6\frac{\text{km}}{\text{h}} = 3{,}6\frac{10^3\ \text{m}}{3.600\ \text{s}} = \frac{3.600\ \text{m}}{3.600\ \text{s}} = 1\ \text{m/s}$
- para a ave: $v_A = 240\frac{\text{m}}{\text{min}} = 240\frac{\text{m}}{60\ \text{s}} = 4\ \text{m/s}$
- para o peixe: $v_p = 180\frac{\text{cm}}{\text{s}} = 180\frac{10^{-2}\ \text{m}}{\text{s}} = 0{,}18\ \text{m/s}$

Portanto: $v_P < v_H < v_A$.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

2. Temos abaixo três placas de indicação de velocidade máxima.

RONNACHIT KLUMCHANTUEK/SHUTTERSTOCK

FOURPHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK

TORRESGLZ/SHUTTERSTOCK

Aponte se a notação da unidade de medida de velocidade em cada uma delas está correta ou incorreta e, neste caso, indique o erro.

3. Representações gráficas

Um dos aspectos mais importantes da Física é a busca de relações entre diferentes quantidades, isto é, a determinação de como o valor de uma quantidade afeta o valor de outra. Essa busca é importante também em outros ramos das ciências.

Considere, por exemplo, o custo de uma corrida de táxi. Geralmente as tarifas de táxi constam do valor da bandeirada adicionado ao custo dos quilômetros rodados.

Suponha que desejemos encontrar a relação entre o custo de uma corrida de táxi e a distância percorrida. A relação entre essas quantidades pode ser apresentada de diferentes maneiras.

Inicialmente, podemos pensar em relacionar as grandezas (custo e distância) com base nos dados de uma **tabela** em que são mostrados o valor de uma das grandezas e o correspondente valor assumido pela outra. A tabela abaixo apresenta possíveis pares de valores.

Custo (R$)	4,50	7,25	10,00	12,75	15,50	18,25	21,00	23,75
Distância (km)	0	1	2	3	4	5	6	7

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

Os dados da tabela deixam claro que o preço da bandeirada é R$ 4,50, ou seja, o passageiro, ao entrar no táxi, já deve ao motorista R$ 4,50. Observe, também, que a cada quilômetro percorrido o preço da corrida aumenta R$ 2,75. Assim, podemos concluir que o passageiro paga R$ 2,75 por quilômetro rodado. Devemos ressaltar que, na tabela, por simplificação, não levamos em conta o custo da hora parada.

Também podemos expressar a relação procurada com a **lei de uma função matemática**, $y = f(x)$, que mostra o valor de uma das grandezas em função do valor da outra.

Nesse caso, se chamarmos de d a distância percorrida em quilômetro e de C o custo em real da corrida, teremos a função de lei:

$$C = 4{,}50 + 2{,}75 \cdot d$$

Finalmente, podemos expressar a relação entre as grandezas em um **gráfico** que nos fornece informações de forma resumida.

Para o caso da corrida de táxi, podemos construir o gráfico do custo C da corrida em função da distância percorrida d (Fig. 4).

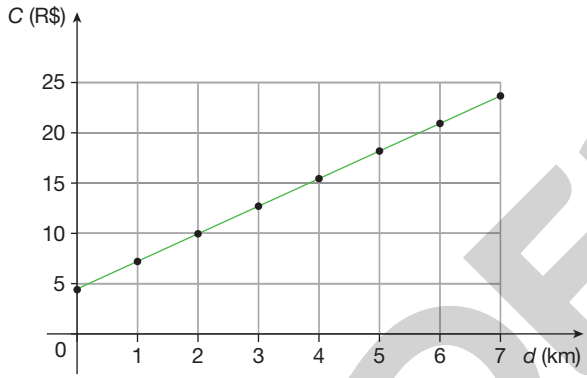


Figura 4 Gráfico do custo de uma corrida de táxi em função da distância percorrida.

A vantagem da utilização de gráficos é que podemos construí-los relacionando quaisquer grandezas em diversos campos do conhecimento humano, sejam eles econômicos, sociais, geográficos ou científicos. Os dados de um gráfico podem ser representados das mais variadas formas.

O gráfico a seguir aborda aspectos econômicos e mostra o desempenho de diferentes tipos de aplicação financeira em 2018 (Fig. 5). Observe que esse gráfico permite uma rápida visualização da aplicação mais rentável naquele período.

Desempenho de diferentes tipos de aplicação financeira no ano de 2018

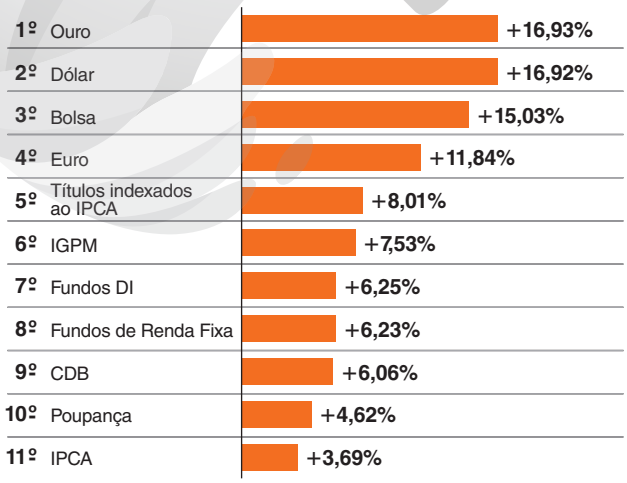


Figura 5 Gráfico do desempenho real acumulado de diferentes tipos de aplicação financeira no ano de 2018.

Fonte: ALVARENGA, D.; TREVISAN, K. Ouro e dólar foram os melhores investimentos em 2018, diz levantamento. *G1*, 28 dez. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2018/12/28/ouro-e-dolar-foram-os-melhores-investimentos-em-2018-diz-levantamento.ghtml>. Acesso em: 5 maio 2020.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Os gráficos podem ser usados para relacionar, praticamente, quaisquer grandezas.

O exemplo a seguir é de um gráfico de barras que relaciona a mortalidade infantil com a expectativa de vida de homens e mulheres em seis países — Japão, Suíça, Grécia, Cingapura, México e Tanzânia —, utilizando estimativas de 2018 obtidas pela Agência Central de Inteligência (CIA), dos Estados Unidos. Observe que os países com as maiores expectativas de vida apresentam, também, as menores taxas de mortalidade infantil (Fig. 6).

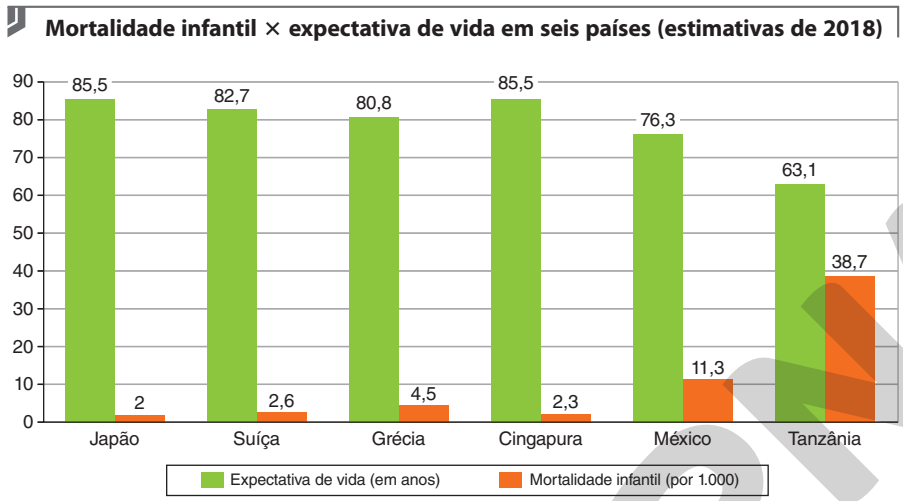


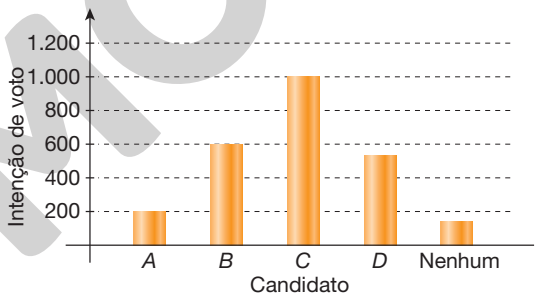
Figura 6 Gráfico da mortalidade infantil × expectativa de vida em seis países (estimativa de 2018).

Fonte: CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. *The World Fact Book*. Disponível em: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/>. Acesso em: 9 abr. 2021.

Deve-se ressaltar que, seja qual for a forma de representação gráfica utilizada, é importante saber interpretar as informações fornecidas pelo gráfico.

Vamos aplicar o que aprendemos até aqui na resolução do exemplo abaixo.

Uma pesquisa de opinião foi realizada para avaliar a intenção de voto para prefeito nas eleições municipais de uma cidade. Os resultados obtidos estão apresentados no gráfico de barras a seguir.



a) Qual foi, aproximadamente, o número de pessoas consultadas nessa pesquisa?

b) Qual foi, aproximadamente, a porcentagem de entrevistados que declararam a intenção de votos no candidato ***C***?

O gráfico permite afirmar que o candidato ***A*** tem 200 prováveis eleitores; o ***B***, 600 eleitores; o ***C***, 1.000 eleitores; o ***D***, 500 eleitores; e 100 eleitores não têm candidato.

a) O número total de pessoas consultadas na pesquisa é, portanto:

$N = 200 + 600 + 1.000 + 500 + 100 \therefore N = 2.400$ pessoas

b) A porcentagem de entrevistados que pretendem votar em ***C*** é:

$$p_C = \frac{N_C}{N} \Rightarrow p_C = \frac{1.000}{2.400} \Rightarrow p_C = 0{,}4166 \Rightarrow p_C \simeq 42\%$$

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

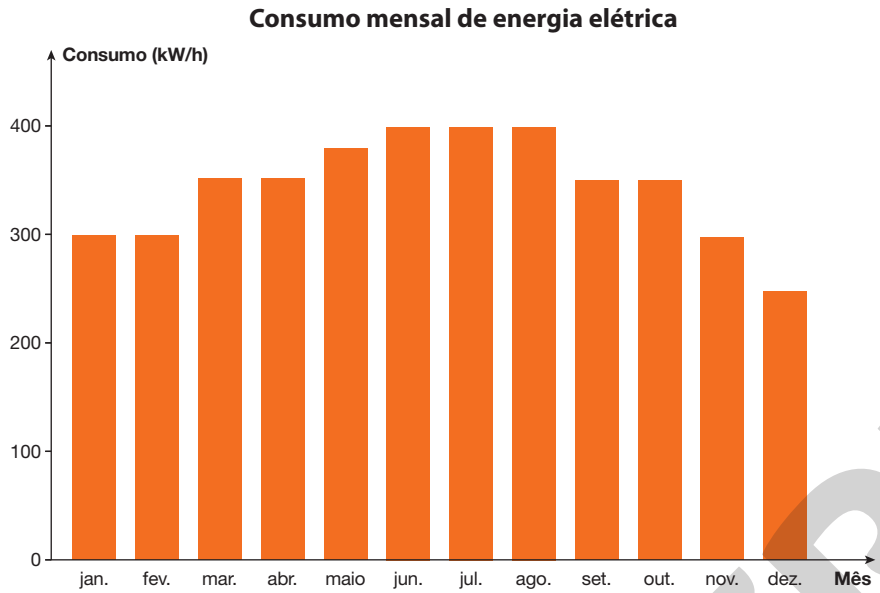
MODERNA

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

3. O gráfico abaixo descreve o consumo mensal de energia elétrica de uma residência ao longo de um ano. Analise o gráfico e responda.



ADILSON SECCO

a) Qual foi o consumo total ao longo do primeiro semestre desse ano?
b) Qual é o valor do consumo médio anual?
c) Entre julho e dezembro, qual é o valor da redução percentual do consumo?

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Neste experimento simples, você vai:

a) realizar medidas de comprimento *C* da circunferência e diâmetro de diversos objetos;
b) levantar hipóteses a respeito de como essas grandezas estão relacionadas;
c) testar essas hipóteses.

Para isso, você precisará de fita métrica, régua, objetos circulares (pratos, pires, copos, latas, moedas etc.) e uma folha de papel milimetrado. Organize no caderno duas tabelas. Na primeira, anote as medidas obtidas com a fita métrica e, na segunda, as obtidas com régua, em que devem constar os dados apresentados a seguir.

Objeto	Diâmetro *D*	Comprimento *C* da circunferência
Prato		
Pires		
Copo		
Lata		
Moeda		

a) Com régua e fita métrica, obtenha a medida *D* do diâmetro do prato. Para medir o comprimento *C* da circunferência, ajuste a régua e a fita métrica ao redor do prato, cobrindo todo seu perímetro. Anote os valores e repita o procedimento para os outros objetos.
b) Observe os dados da tabela e formule uma hipótese matemática de como esses dados estão relacionados.
c) Testando a hipótese: Vamos agora utilizar os dados das tabelas para construir um gráfico.

Na folha de papel milimetrado, considere no eixo das abscissas (eixo horizontal) o diâmetro *D* dos objetos circulares e, no eixo das ordenadas (eixo vertical), o comprimento *C* da circunferência daqueles objetos.

Você deverá estabelecer uma escala conveniente no eixo vertical para poder marcar o maior comprimento *C* das medidas encontradas.

No gráfico, determine a posição do ponto correspondente ao diâmetro *D* e o respectivo comprimento *C* para cada objeto utilizado.

Como esses pontos se distribuem no gráfico? A forma como eles se distribuem confirma ou refuta sua hipótese?

Trace a reta que melhor se ajusta aos pontos encontrados e determine a tangente do ângulo de inclinação dessa reta em relação ao eixo horizontal. Matematicamente, o que representa o valor encontrado? Qual é a diferença entre os dados obtidos com a fita métrica e a régua?

Escreva uma equação que relacione a grandeza *C* e a grandeza *D*.

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

MODERNA

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Determine o valor numérico das relações a seguir e dê a resposta em notação científica.

a) $F = (3{,}2 \cdot 10^{3}) \cdot (4{,}5 \cdot 10^{-5})$

b) $d = \dfrac{9{,}9 \cdot 10^{3}}{3{,}3 \cdot 10^{-2}}$

c) $U = (5{,}0 \cdot 10^{3}) \cdot (4{,}0 \cdot 10^{-3})$

d) $v = (1{,}5 \cdot 10^{-1}) \cdot (2{,}0 \cdot 10^{3})$

2. Um recipiente contém exatamente 10 mil balas de goma coloridas e 40% delas são vermelhas. Expresse no caderno, usando notação científica, o número de balas vermelhas. Se for o caso, mantenha todos os zeros à direita da vírgula de separação decimal.

3. Um homem tem 1,83 m de altura. Expresse o valor dessa altura no caderno:

a) em centímetro;

b) em milímetro;

c) em quilômetro.

4. Uma corrida de Fórmula 1 teve sua largada às 10 h 05 min 30 s. O vencedor recebeu a bandeirada final às 11 h 50 min 20 s. Expresse no caderno a duração dessa corrida:

a) em hora;

b) em minuto;

c) em segundo.

5. (Enem) O gráfico [abaixo] mostra a área desmatada da Amazônia, em km², a cada ano, no período de 1988 a 2008.

5. d

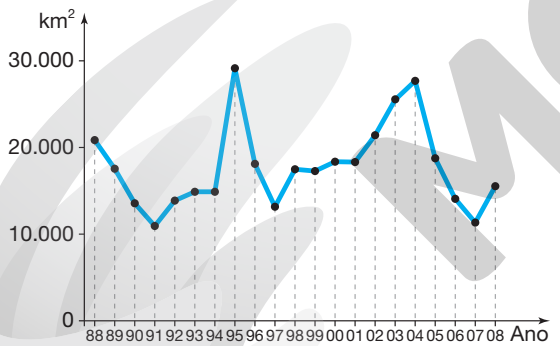


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

As informações do gráfico indicam que:

a) o maior desmatamento ocorreu em 2004.

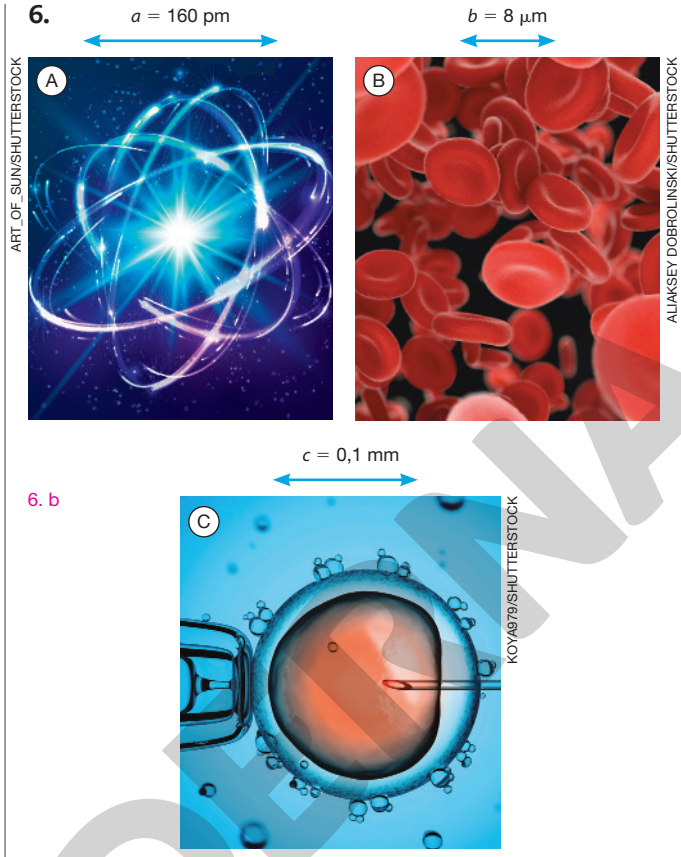
b) a área desmatada foi menor em 1997 que em 2007.

c) a área desmatada a cada ano manteve-se constante entre 1998 e 2001.

d) a área desmatada por ano foi maior entre 1994 e 1995 que entre 1997 e 1998.

e) o total de área desmatada em 1992, 1993 e 1994 é maior que 60.000 km².

6.



ART_OF_SUN/SHUTTERSTOCK

ALIAKSEY DOBROLINSKI/SHUTTERSTOCK

KOYA979/SHUTTERSTOCK

6. b

(A) Representação gráfica de um átomo;

(B) modelo gráfico em 3-D dos glóbulos vermelhos;

(C) imagem microscópica de um ovócito sendo inseminado artificialmente.

(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

No universo, em geral, e no corpo humano, em particular, encontramos a matéria organizada nas estruturas mais diversas: a organização da matéria se apresentando em diversas escalas. Nas figuras acima, temos três exemplos de estruturas que podem ser encontradas no corpo humano: um átomo e duas células especiais: o glóbulo vermelho, encontrado no sangue, e um ovócito, uma célula humana. Em relação ao tamanho dessas três estruturas, compare as medidas *a*, *b* e *c* e responda:

a) A medida *c* é 80 vezes menor que a medida *b* e 1.600 vezes menor que a medida *a*.

b) A medida *c* é 12,5 vezes maior que a medida *b* e 625.000 vezes maior que a medida *a*.

c) A medida *c* é 125 vezes maior que a medida *b* e 6.250.000 vezes maior que a medida *a*.

d) A medida *c* é 12,5 vezes menor que a medida *b* e 625.000 vezes maior que a medida *a*.

e) A medida *c* é 12,5 vezes maior que a medida *b* e 625.000 vezes menor que a medida *a*.

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

MODERNA

CAPÍTULO 3

ELEMENTOS, SUBSTÂNCIAS E REAÇÕES QUÍMICAS

CHAMILLE WHITE/SHUTTERSTOCK

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

O método científico é fundamental para o desenvolvimento da Ciência, mas ele também pode ser utilizado em situações rotineiras; daí sua importância em nosso cotidiano. Ele apresenta procedimentos específicos que podem nos ajudar a compreender fenômenos que ocorrem ao nosso redor.

Muitas vezes, aplicamos esses procedimentos sem nos darmos conta. Isso acontece, por exemplo, quando analisamos acontecimentos como o estouro da pipoca. Em um primeiro momento, podemos nos perguntar "por que a pipoca estoura?". Diante disso, levantamos hipóteses para explicar esse fenômeno.

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

Neste capítulo, você e seus colegas aplicarão o método científico para descobrir por que o milho estoura e se transforma em pipoca pronta quando submetido a determinadas condições. Ao fazerem isso, vão praticar procedimentos da Ciência!

O capítulo começa com o estudo de algumas propriedades das substâncias: temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade. Esses conhecimentos serão importantes para investigar o estouro da pipoca. Posteriormente, serão apresentados conceitos fundamentais da Química de grande relevância para o estudo dos fenômenos (acontecimentos) que estão dentro de seu escopo de atuação. Entre esses conceitos fundamentais estão os de elemento químico, átomo, substância química e reação (ou transformação) química.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13CNT309
- EM13LP30

1. Mudanças de fase da água

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

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

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

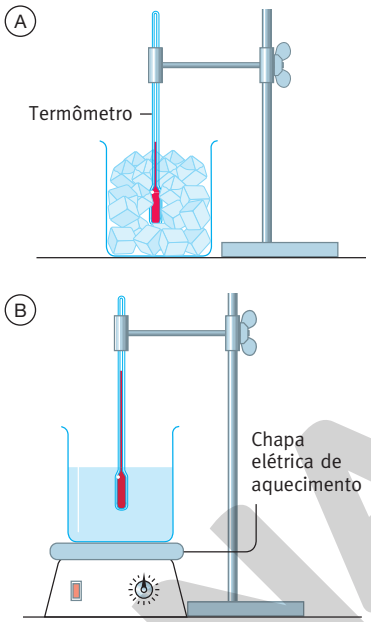


Figura 1 Montagens experimentais que podem ser empregadas para medir a temperatura da água em função do tempo, à medida que ela é aquecida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

No experimento, a água estava inicialmente na **fase sólida**. Posteriormente, passou para a **fase líquida** e, finalmente, para a **fase gasosa**. A Figura 2 mostra os nomes das **mudanças de fase**. Essas terminologias se aplicam também às mudanças de fase que ocorrem com outras substâncias.

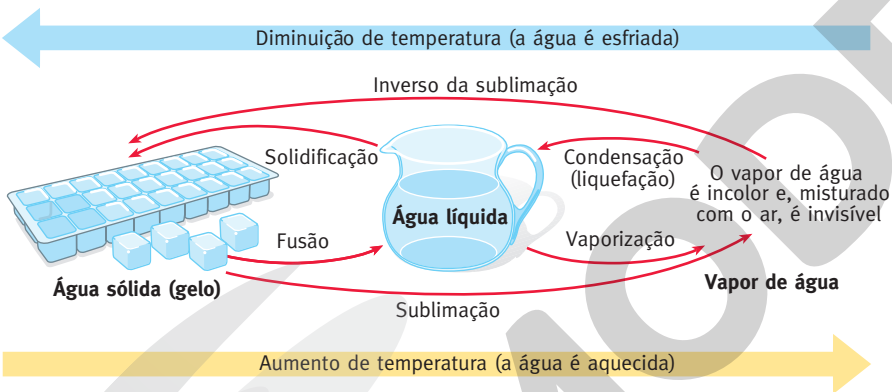


Figura 2 Esquema de mudanças de fase da água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

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

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

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

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

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

2. Temperaturas de fusão e de ebulição

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

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

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

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

A utilidade de conhecer a temperatura de fusão e a de ebulição de determinada substância é poder prever as faixas de temperatura em que ela é sólida, líquida ou vapor. Isso é de relevância para as aplicações das substâncias (atividade a seguir) no cotidiano, nos laboratórios (Fig. 3) e nas indústrias.

Tabela 1 Temperatura de fusão (*TF*) e temperatura de ebulição (*TE*) de algumas substâncias, em graus Celsius (°C), a pressão atmosférica ao nível do mar (1 atm).

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

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

GORIŠKI MUZEJ - SLOVENIJA

Figura 3 Henrika Santel (1874-1940) foi uma pintora ítalo-eslovena que retratou, em diversas obras, a relevância da mulher na sociedade, como nesse óleo sobre tela, de 1932, de uma química no laboratório. Todo procedimento experimental de Química está relacionado, de algum modo, a propriedades de substâncias.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

Primeira situação

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

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

Segunda situação

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

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

Terceira situação

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

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

MODERNA

3. Densidade

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

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

A razão entre massa e volume para o alumínio é:

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

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

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

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

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

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

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

A unidade da densidade é composta de uma **unidade de massa dividida por uma unidade de volume**, por exemplo, g/cm^3 (ou g/mL), g/L, kg/L etc.

A densidade depende de alguns fatores, como a substância ou material considerado. Alguns valores de densidade são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

A densidade de um mesmo material ou substância depende da temperatura, pois um aquecimento ou um resfriamento pode acarretar alterações de volume de uma amostra e, consequentemente, interferir no valor de sua densidade.

As mudanças de fase também podem ocasionar mudanças na densidade de um material ou uma substância (Fig. 4). A água líquida, por exemplo, tem densidade 1 g/cm^3 (a 25 °C), e a água sólida tem densidade 0,92 g/cm^3 (a 0 °C).

EDUARDO SANTALUESTRA

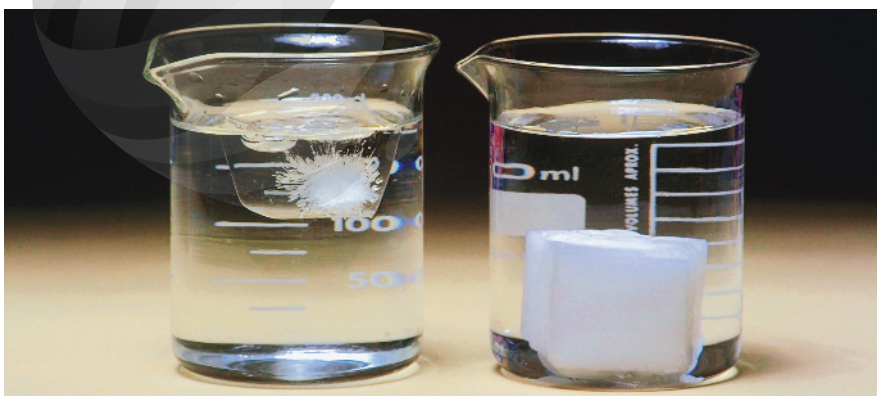


Figura 4 Água sólida (gelo) é menos densa que água líquida e flutua nela (béquer à esquerda). Parafina sólida é mais densa que parafina líquida e afunda nela (béquer à direita).

Tabela 2 Densidade de algumas substâncias químicas.

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

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

Tabela 3 Densidade de alguns materiais.

Material	Densidade (g/cm^3) a 25 °C
Madeira balsa	0,11 a 0,14
Bambu	0,31 a 0,40
Manteiga	0,86 a 0,87
Borracha	0,91 a 1,25
Ébano	1,11 a 1,33
Osso	1,7 a 2,0
Giz	1,9 a 2,8
Areia	2,14 a 2,36
Porcelana	2,3 a 2,5
Bola de gude	2,6 a 2,84
Granito	2,64 a 2,76

Fonte: HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 97. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

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

MODERNA

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. As densidades dos metais titânio e níquel, a 25 °C, são, respectivamente, 4,5 g/cm^3 e 9,0 g/cm^3.

Construa, em um mesmo sistema de eixos, um gráfico de massa (em g) em função de volume (em cm^3) para cada um dos dois metais. Empregue uma escala para o eixo *x* (volume) que compreenda de zero a 10, dividida de 2 em 2 unidades. No eixo *y* (massa), use uma escala de zero a 100, dividida de 20 em 20 unidades.

2. Se um pedaço de níquel e outro de titânio têm o mesmo volume, qual apresenta maior massa? Argumente utilizando o gráfico elaborado.

3. Considere duas amostras, uma de níquel e outra de titânio, ambas de mesma massa. Mostre como o gráfico que você fez permite deduzir qual das amostras tem maior volume.

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

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

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

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

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

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Estabelecendo o problema

Para realizar essa proposta experimental, serão formadas equipes para investigar o estouro da pipoca empregando o método científico (estudado no capítulo 1).

Listando observações

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

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

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

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

Que mudanças ocorrem com o milho? O que se pode perceber, comparando a situação inicial com a final (Fig. 5)? Algo é visto durante a transformação?

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

Que outro ingrediente é usado, além do milho apropriado?

Por falar nisso, pode-se utilizar milho-verde para fazer pipoca?

SOMMAI/SHUTTERSTOCK

Figura 5 O que se pode falar da densidade do milho de pipoca antes de estourar e da pipoca, após seu estouro? Como descrever o formato final? A casca ainda é visível?

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

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

Propondo uma hipótese

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

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

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

Elaborando uma previsão

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

Testando a previsão

Que procedimento experimental pode ser realizado para testar a previsão?

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

Relatando

Elaborem um relato das observações listadas, da hipótese feita, da previsão a que ela conduziu, do teste feito e das conclusões tiradas.

Seguindo orientações do professor, publiquem o relato, por exemplo, como *podcast*, vídeo ou *blog*, a fim de compartilhar os resultados com a comunidade. Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.

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

MODERNA

4. Substâncias químicas *versus* misturas

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

A 25 °C e 1 atm, a água (Fig. 6.A) apresenta densidade 1,0 g/cm^3 e o cloreto de sódio (Fig. 6.B, principal constituinte do sal de cozinha), 2,17 g/cm^3. Ao acrescentar cloreto de sódio à água e mexer, obtém-se uma mistura cuja densidade é diferente das substâncias puras. Verifica-se experimentalmente que uma mistura de água e cloreto de sódio, colocada em um congelador, a 1 atm, não congela a 0 °C, mas inicia seu congelamento abaixo de 0 °C (o valor exato depende do teor de sal) e a temperatura não permanece constante durante o congelamento, diminuindo gradualmente. Quando aquecida, a 1 atm, essa mistura não entra em ebulição a 100 °C. A transição de fase se inicia acima de 100 °C (o valor exato depende do teor de sal), e a temperatura aumenta progressivamente durante a ocorrência da ebulição.

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

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

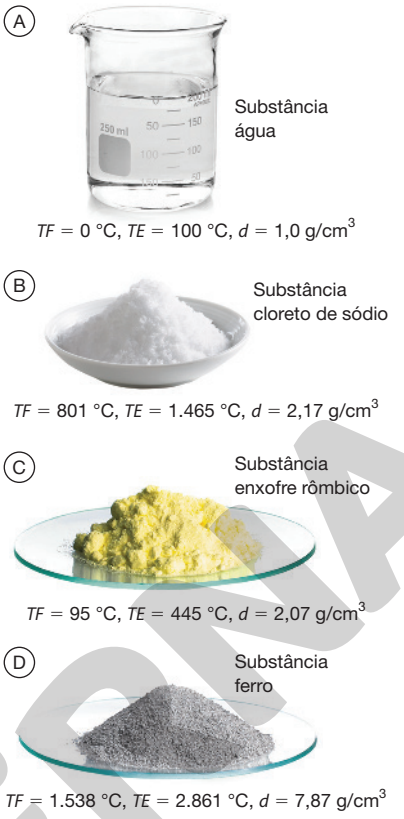


Figura 6 Exemplos de substâncias químicas, com respectivos valores de temperatura de fusão (*TF*), a 1 atm, temperatura de ebulição (*TE*), a 1 atm, e densidade (*d*), a 25 °C e 1 atm.

5. Reação (transformação) química

Enxofre rômbico (Fig. 6.C) e ferro (Fig. 6.D) são caracterizados por suas propriedades. Cada qual tem sua temperatura de fusão, densidade, cor etc. (Existe outra substância, chamada enxofre monoclínico, que tem algumas propriedades distintas das do enxofre rômbico, escolhido aqui como exemplo.) Uma característica interessante do ferro é que ele é atraído por um ímã. Já o enxofre rômbico não é. Se misturarmos os dois, pulverizados, obteremos uma mistura (Fig. 7) na qual cada um dos componentes mantém suas propriedades. Isso torna possível usar um ímã para separar o ferro da mistura.

Contudo, se essa mistura for aquecida, em condições adequadas, ocorrerá um processo no qual enxofre rômbico e ferro se transformarão num sólido preto (Fig. 8). Determinando as propriedades desse sólido preto formado, é possível perceber que são distintas das propriedades do enxofre rômbico e do ferro. Ele apresenta temperatura de fusão 1.188 °C (a 1 atm), densidade 4,74 g/cm^3 (a 25 °C e 1 atm) e não é atraído por um ímã. Trata-se de uma substância química diferente do enxofre rômbico e do ferro, que é denominada sulfeto de ferro(II).

Figura 7 Enxofre rômbico e ferro puros e uma mistura de ambos.

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

enxofre rômbico + ferro → sulfeto de ferro(II)

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

Figura 8 Sulfeto de ferro(II), o produto da reação química comentada nesta página.

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

MODERNA

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

No exemplo em questão:

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

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

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

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

Exemplos de reações químicas

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

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

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

HOMEART/SHUTTERSTOCK

Figura 9 A combustão de querosene, gasolina, etanol, gás natural, diesel, madeira ou qualquer outro material combustível é exemplo de reação química que libera energia (no caso, luz e calor). Na foto, lampião a querosene. Há, contudo, processos que liberam calor e não são reações químicas, como é o caso da condensação e da solidificação de uma substância.

DIEGO CERVO/SHUTTERSTOCK

Figura 10 Comprimido efervescente em água: ocorre reação química que produz gás (no caso, dióxido de carbono, ou gás carbônico).

ROMAN SIGAEV/SHUTTERSTOCK

Figura 11 A ebulição da água líquida produz vapor de água. Essa liberação de substância em fase gasosa **não** configura reação química, pois a substância presente ao final (água) é a mesma existente no início (água). Houve apenas mudança de fase.

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

MODERNA

6. Substâncias: simples *versus* compostas

Há grande diversidade de reações químicas, e boa parte das pesquisas em Química tem relação com elas (Fig. 12). Entre os vários tipos estão as reações de **decomposição**, nas quais uma única substância reagente origina como produtos duas ou mais substâncias. Vejamos dois exemplos.

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

carbonato de cálcio → óxido de cálcio + gás carbônico

A aparelhagem representada na Figura 13 é empregada para decompor água por meio da passagem de corrente elétrica. Algumas gotas de solução aquosa de sulfato de sódio são adicionadas à água. Essa substância não será consumida na reação química que acontecerá, mas é necessária para a mistura se tornar boa condutora de eletricidade.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

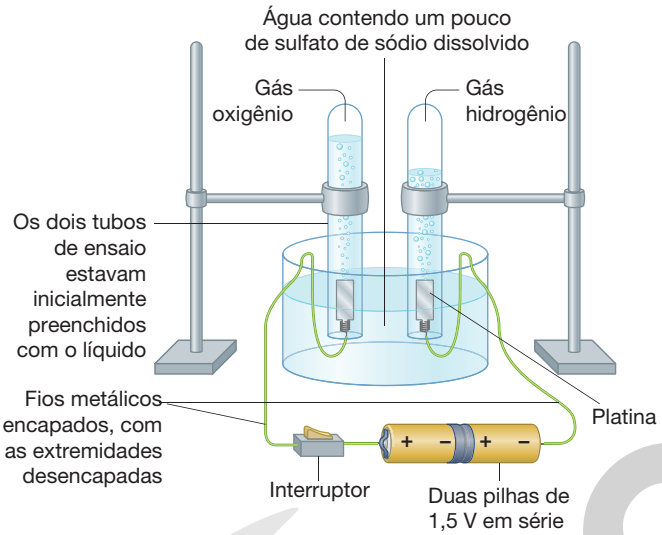


Figura 13 Equipamento para realizar a eletrólise da água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: BROWN, T. L. *et al. Chemistry: the central science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018. p. 9.

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

água → gás hidrogênio + gás oxigênio

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

Foi o desenvolvimento dessa linha de raciocínio, à luz de muitos debates científicos e evidências experimentais, que conduziu à conceituação atualmente aceita de **elemento químico**, elaborada no século XX, e que estudaremos no Capítulo 4. No item a seguir, veremos como (ainda **não** na sua forma atual) o conceito foi incluído na teoria atômica de Dalton.

MICHELINE PELLETIER/CORBIS/GETTY IMAGES

Figura 12 A química israelense Ada Yonath (nascida em 1939) recebeu o Prêmio Nobel de Química em 2009, época da foto, por ter elucidado as reações químicas de síntese de proteínas na célula e o papel que os ribossomos exercem nessas reações.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade prática

Objetivo

Investigar uma reação.

Material para a equipe

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

Segurança

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

Procedimento

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

Conclusões

A água oxigenada é uma solução aquosa. Investiguem sua composição e proponham uma explicação para o que foi observado. Relatem procedimento, resultados e conclusões em um relatório escrito, ou em outro formato determinado pelo professor.

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

MODERNA

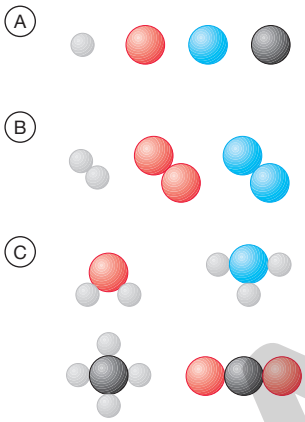
7. A teoria atômica de Dalton

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

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

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

Denominamos **substâncias simples** aquelas formadas por átomos de um **mesmo** elemento químico e **substâncias compostas** (ou **compostos químicos**, ou simplesmente **compostos**) aquelas formadas por átomos de **dois ou mais** elementos químicos diferentes, que se combinam sempre em uma mesma proporção. As combinações de dois ou mais átomos, iguais ou diferentes, podem formar agrupamentos que atualmente denominamos **moléculas** (Fig. 14).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 14 Representação, por meio de imagens, de como seriam, na teoria atômica de Dalton, os átomos (A) e sua combinação em substâncias simples (B) e em substâncias compostas (C). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

8. Símbolos e fórmulas

Símbolos representam elementos

Hoje, são conhecidos mais de 100 elementos químicos. Cada um deles tem **nome** e **símbolo** próprios. O símbolo de um elemento é formado por uma ou duas letras; a primeira é maiúscula e a segunda, caso exista, é minúscula. Essas letras vêm de seu nome em latim ou grego. Por isso, nem todos os símbolos têm relação lógica com o nome do elemento em português.

Tabela 4 Nomes e símbolos de alguns elementos.

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

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

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

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

No Capítulo 4, foi disponibilizada uma **tabela periódica** dos elementos químicos. Ela é um instrumento de consulta. Pesquise nela os nomes e os símbolos sempre que precisar.

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

MODERNA

Fórmulas representam substâncias

As **moléculas** são entidades formadas pela união de dois ou mais átomos. Para representar as moléculas de certa substância, os químicos utilizam uma **fórmula** (Fig. 15). Você já deve ter ouvido falar que a fórmula da água é H_2O. Outros exemplos de fórmulas usadas pelos químicos são CO_2 (gás carbônico), N_2 (gás nitrogênio), O_2 (gás oxigênio), O_3 (gás ozônio), CH_4 (metano), C_2H_6O (etanol), $C_6H_{12}O_6$ (glicose), $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sacarose, ou açúcar de cana) e NH_3 (amônia).

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

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

Todas as substâncias são formadas por átomos. **Substâncias simples** são formadas por **átomos de um único elemento**, e **substâncias compostas** são formadas por **átomos de dois ou mais elementos** diferentes (Fig. 16).

A teoria de Dalton permite compreender por que substâncias compostas podem ser decompostas em outras substâncias menos complexas. É que as substâncias compostas, sendo formadas por mais de um elemento químico (Figs. 16 e 17), podem eventualmente originar, por decomposição, substâncias simples constituídas desses elementos. A água, por exemplo, é constituída dos elementos hidrogênio e oxigênio e, portanto, existe a possibilidade de que seja decomposta, em condições experimentais adequadas, formando as substâncias simples gás hidrogênio e gás oxigênio.

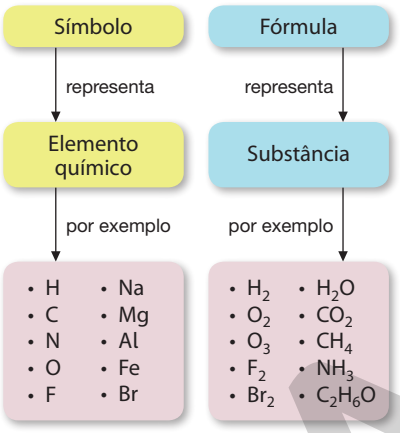


Figura 15 Mapa conceitual sobre a diferença entre símbolos e fórmulas.

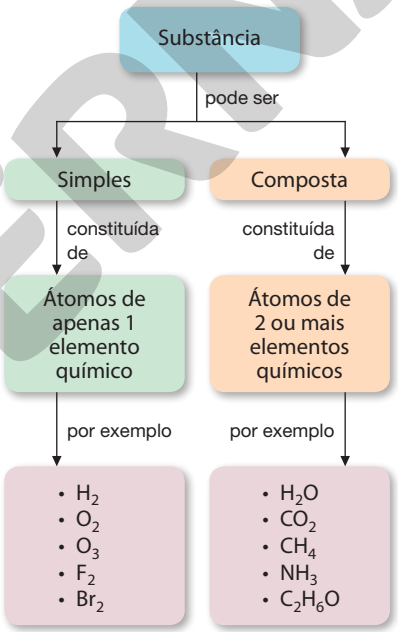


Figura 16 Mapa conceitual distinguindo substâncias simples de compostas.

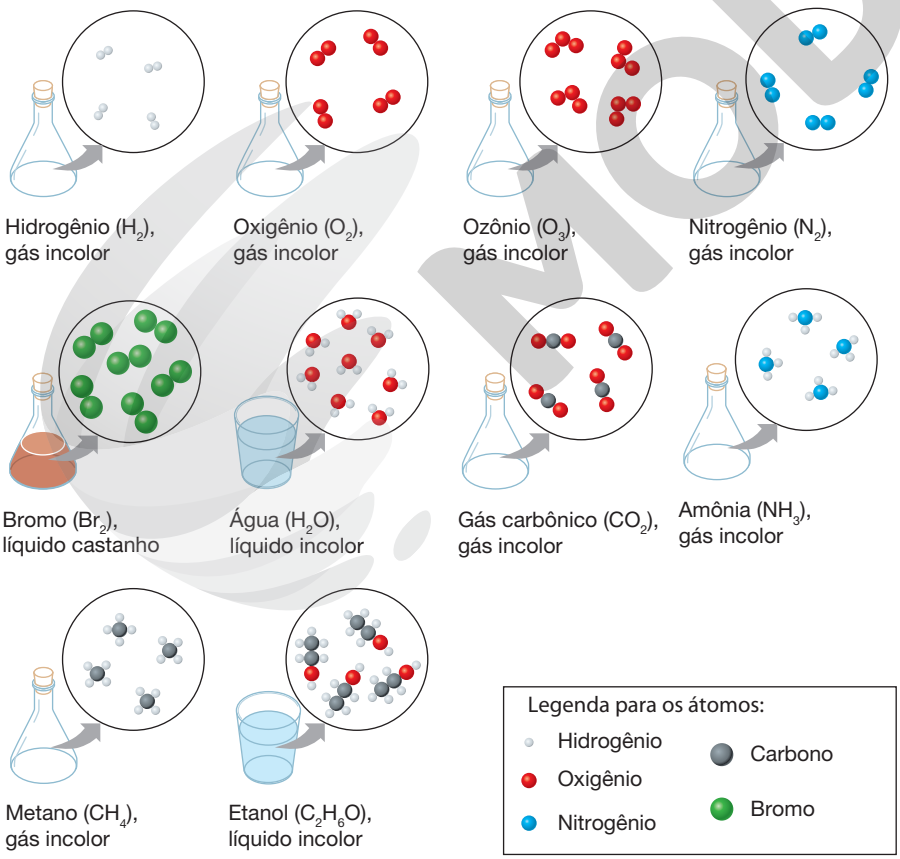


Figura 17 Esquema com modelos moleculares de algumas substâncias. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

9. Equação química

Equação química representa reação química

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

água → gás hidrogênio + gás oxigênio

A água, o reagente, é formada por moléculas H_2O; o gás hidrogênio e o gás oxigênio, os produtos, têm fórmulas, respectivamente, H_2 e O_2. Essas fórmulas estão de acordo com a composição das moléculas (Fig. 18). Assim, podemos representar a reação usando as fórmulas do reagente e dos produtos:

$$H_2O \rightarrow H_2 + O_2$$

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

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

Isso é o mesmo que:

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

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

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

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

Vejamos mais dois exemplos.

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

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

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

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

Balanceamento de equações químicas

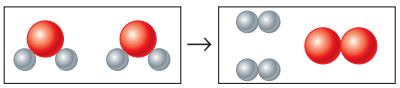
Analisando os exemplos de equações químicas mostrados, é possível perceber que o número de átomos de certo elemento químico é igual nos reagentes e nos produtos. Isso porque os **átomos não são destruídos nem criados** em uma reação química. Em uma reação, os átomos se rearranjam.

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

$$N_2 + O_2 \rightarrow NO$$

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

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



ADILSON SECCO

Figura 18 Representação de moléculas de reagente e produtos da reação de decomposição da água. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

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

Proponham o material mais adequado a ser usado; por exemplo, contas de plástico, bolinhas de massa de modelar ou qualquer outro considerado conveniente. Argumentem em favor da escolha.

Utilizem cores diferentes para elementos diferentes. Lembrem-se de que essas cores são meramente ilustrativas, usadas apenas para facilitar a compreensão.

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

$N_2 + O_2 \rightarrow 2\,NO$

$N_2 + 2\,O_2 \rightarrow 2\,NO_2$

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

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

$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

$N_2O_4 \rightarrow 2\,NO_2$

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

$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

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

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

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

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

MODERNA

Em destaque

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Muitas coisas custam mais do que pensamos

"Em geral, no *preço de mercado* ou *preço direto* que pagamos por um produto ou serviço, não constam todos os custos *indiretos* ou *externos* dos danos ao ambiente e à saúde humana associados à sua produção e utilização. Por essa razão, esses custos são muitas vezes chamados custos *ocultos*.

Muitos economistas e especialistas em ambiente [...] reivindicam a inclusão de tais custos a fim de que os preços de mercado possam refletir os custos totais [...]. Em outras palavras, os preços refletiriam os fatos relacionados aos efeitos nocivos sobre o ambiente e a saúde da produção e utilização dos bens e serviços que compramos."

MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. E. *Ciência ambiental*. 14. ed. São Paulo: Cengage, 2016. p. 409.

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

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

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

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

1. d

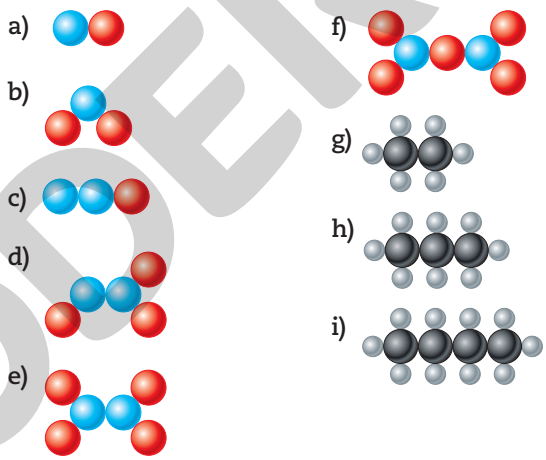
a) As substâncias químicas presentes nos produtos de limpeza evaporaram.
b) Com a mistura química, houve produção de uma solução aquosa asfixiante.
c) As substâncias sofreram transformações pelo contato com o oxigênio do ar.
d) Com a mistura, houve transformação química que produziu rapidamente gases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

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

2. b

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

3. Cada um dos modelos a seguir ilustra uma diferente substância. Considerando que as esferas azuis representam os átomos de nitrogênio, as vermelhas, os de oxigênio, as cinza, os de hidrogênio, e as pretas, os de carbono, proponha uma fórmula para cada substância.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

$$N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$$

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

$$N_2 + H_6 \rightarrow N_2H_6$$

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

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

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

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

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

EM MODERNA

CAPÍTULO 4

MODELOS ATÔMICOS E TABELA PERIÓDICA

JOCHEN TACK/ALAMY/FOTOARENA

A escultura constituída de esferas e hastes que aparece nesta imagem é chamada de Atomium. Ela foi construída em 1958 em Bruxelas e é considerada um dos principais pontos turísticos da Bélgica. Com 102 metros de altura, o Atomium representa átomos do elemento químico ferro.

Como estudado ao longo do Capítulo 1, as Ciências da Natureza buscam explicar os fenômenos naturais e, para isso, cientistas constantemente formulam e reformulam representações para fundamentar suas hipóteses e teorias. Tais representações se tornaram ferramentas essenciais para construir o que chamamos hoje de modelos científicos.

Atualmente, a definição de **modelos científicos** inclui um conjunto de representações que levam em consideração os fatos observados, os experimentos realizados e as hipóteses formuladas, conforme o consenso da comunidade científica. Com isso, os modelos científicos ajudam a descrever, explicar e prever os fenômenos naturais. Por ser uma interpretação humana da realidade, os modelos científicos não são a realidade em si. Portanto, devem ser sempre atualizados à medida que novos fatos são compreendidos e novas hipóteses são provadas.

Em Ciências da Natureza, a concepção de como é algo que não se pode ver ou a que não se tem acesso pode ser feita por meio de um modelo científico. Os átomos de ferro, por exemplo, ainda não são visualizados em detalhes nem mesmo por meio dos microscópios eletrônicos mais avançados. Como o estudo de átomos é fundamental para a Ciência, pois eles apresentam informações básicas sobre a composição da matéria, os cientistas propuseram, com base em estudos, um modelo científico para representá-los.

Chamamos de **modelo atômico** a concepção de como é um átomo. Essa concepção é fundamentada em experimentos e em evidências indiretas. Diferentes modelos atômicos já foram propostos, e a concepção sobre o átomo tem sido alterada ao longo do tempo, à medida que surgem novas evidências. Neste capítulo, estudaremos alguns dos modelos atômicos desenvolvidos ao longo dos anos e suas características.

De olho na BNCC:

- EM13CNT101
- EM13CNT104
- EM13CNT205
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT305
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13CNT309
- EM13LP45

MODERNA

1. Átomos e a natureza elétrica da matéria

Modelo atômico de Thomson

Realizando experimentos com descargas elétricas em gases, o cientista inglês Joseph John Thomson (1856-1940) determinou, em 1897, a relação entre a carga elétrica e a massa de partículas detectadas durante a passagem de corrente elétrica por gases a baixa pressão. Ele verificou que a massa dessas partículas era aproximadamente mil e oitocentas vezes menor que a de um átomo de hidrogênio e propôs que tais partículas, posteriormente denominadas **elétrons**, tinham origem subatômica.

Thomson também reuniu evidências experimentais que sugeriam que existem elétrons nos átomos de todos os elementos químicos. Isso o levou a propor um novo modelo atômico, segundo o qual os átomos são constituídos de uma esfera maciça de carga elétrica positiva em cujo interior há elétrons, de modo que a carga elétrica total é nula. O **modelo atômico de Thomson** colaborou para o desenvolvimento da concepção científica de átomo. Dois aspectos relevantes foram introduzidos: a existência de **cargas elétricas** na estrutura do átomo e o fato de ele **não ser indivisível**, como se propunha antes. Afinal, as evidências eram de que os átomos contêm elétrons que, em determinadas circunstâncias, podem ser removidos do átomo.

Entre 1909 e 1913, uma equipe de pesquisadores dirigida pelo físico estadunidense Robert Millikan (1868-1953) determinou a carga do elétron. O valor aceito atualmente é $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, no qual o símbolo C representa a unidade coulomb, usada no Sistema Internacional para expressar carga elétrica. Como decorrência dessa determinação, e usando o valor da relação carga/massa determinada por Thomson, foi possível concluir que a massa do elétron é $9{,}109 \cdot 10^{-31}$ kg. No início do século XX, diversos pesquisadores — como o irlandês Joseph Larmor (1857-1942), o japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950), o inglês John William Nicholson (1881-1955) e o neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) — propuseram diferentes modelos atômicos buscando elucidar fenômenos experimentais que estavam sendo observados. Entretanto, nenhum desses modelos era capaz de explicar, simultaneamente, todos os fenômenos observados. Para exemplificar, veremos como foi desenvolvido o modelo de Rutherford.

Experimento de dispersão de partículas alfa

Em 1909, o alemão Hans Geiger (1882-1945) e o inglês Ernest Marsden (1889-1970), que trabalhavam na Universidade de Manchester (Inglaterra) sob orientação de Ernest Rutherford, realizaram, por sugestão deste, uma série de experimentos para investigar a dispersão (o espalhamento) de partículas alfa ao incidirem sobre folhas metálicas de diferentes espessuras, milhares de vezes mais finas que 1 mm. Eles usaram um elemento radioativo que emite partículas alfa a velocidades de até 30 mil km/s (Fig. 1.A). Entre outras, foi utilizada uma folha de ouro de espessura 0,00004 cm, correspondendo a cerca de 300 a 350 átomos desse metal enfileirados (Fig. 1.B). As partículas alfa, como já se sabia na época, são aproximadamente 50 vezes mais leves que os átomos de ouro e apresentam carga elétrica positiva.

As partículas alfa atravessam papel ou tecidos bem finos. Assim, os experimentadores esperavam que praticamente todas as partículas alfa deveriam atravessar a folha de ouro em linha reta. Porém, imaginavam também que algumas partículas poderiam ter pequenos desvios, por interagirem com as cargas elétricas existentes nos átomos de ouro. Para observar o destino das partículas (que não são visíveis), usaram uma superfície fluorescente. Cada vez que uma partícula alfa atingia essa superfície, uma cintilação era vista no local do impacto por fração de segundo. O resultado experimental evidenciou que algumas partículas alfa não atravessavam em linha reta, mas eram desviadas de sua trajetória, às vezes de modo bastante acentuado!

Destaque as ideias do *Dialogando com o texto*. É relevante que os estudantes desenvolvam a compreensão de que as ideias científicas são permanentemente provisórias, em função do modo de trabalho da Ciência. Saliente, também, que o capítulo não se constitui em uma narrativa histórica pormenorizada, mas em uma sequência de ideias selecionadas e organizadas com interesse didático.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Os modelos atômicos são representações hipotéticas elaboradas para interpretar propriedades dos materiais.

À medida que surgem novas informações, novos problemas e questionamentos, ao longo da história, outros modelos atômicos vão sendo propostos.

Por que isso acontece? Registre sua conclusão após conversar com seu professor e colegas.

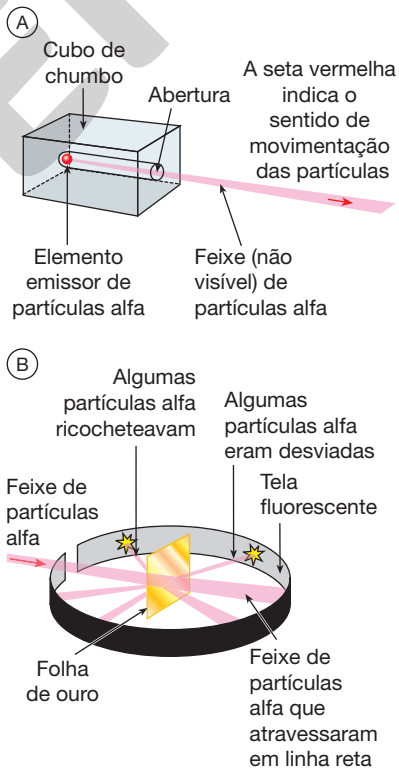


Figura 1 Esquema do experimento de dispersão de partículas alfa. Partículas emitidas por um elemento radioativo (A) foram direcionadas a finas folhas metálicas, entre elas uma finíssima folha de ouro (B). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: KOTZ, J. C. *et al. Chemistry and chemical reactivity*. 9. ed. Stamford: Cengage, 2015.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Modelo atômico de Rutherford

Os resultados do experimento de dispersão de partículas alfa foram analisados por Rutherford. Ele utilizou recursos de Física e Matemática para interpretar os dados obtidos e, para explicá-los, propôs, em 1911, um modelo atômico segundo o qual (1) o átomo apresenta muito mais espaço vazio que preenchido; (2) a maior parte da massa de um átomo encontra-se em uma pequena região central (à qual chamamos **núcleo**), onde está concentrada a carga positiva do átomo; (3) na região ao redor do núcleo (que chamamos **eletrosfera**) encontram-se os elétrons; e (4) o raio da eletrosfera é de dez a cem mil vezes maior que o raio do núcleo (relação que foi inferida da fração de partículas alfa desviadas).

O **modelo atômico de Rutherford** explicava o fato de a maioria das partículas alfa não se desviar supondo a existência de muitos espaços vazios nos átomos. Para explicar por que poucas partículas alfa eram tão desviadas a ponto de quase retornarem na mesma direção de que vieram, Rutherford propôs que toda a carga positiva do átomo, e quase toda sua massa, estaria concentrada em um espaço pequeno (núcleo), de modo a repelir as partículas alfa (também positivas) que viessem em sua direção (Fig. 2).

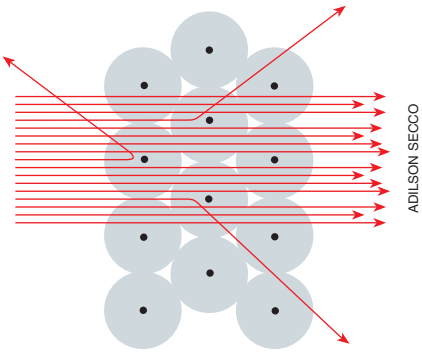

ADILSON SECCO

Figura 2 Representação esquemática da trajetória (em vermelho) das partículas alfa e seu desvio devido à repulsão entre elas e os núcleos dos átomos de ouro (em preto). Eletrosfera esquematizada em cinza. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: BYLIKIN, S. *et al*. *Chemistry*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

Muitos outros experimentos foram necessários para uma caracterização mais detalhada do núcleo atômico. Em 1919, Rutherford observou que a colisão de partículas alfa com átomos de nitrogênio provocava a emissão de partículas idênticas a núcleos de hidrogênio. Isso fez com que ele e outros cientistas passassem a investigar a possibilidade de os núcleos de hidrogênio serem um tipo de partícula presente em todos os núcleos atômicos. Essa partícula foi chamada de **próton**, e o desenvolvimento das pesquisas determinou que sua massa é $1{,}672 \cdot 10^{-27}$ kg, ou seja, 1.836 vezes maior que a do elétron. A carga elétrica do próton é $+1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, isto é, positiva e igual em módulo à carga do elétron.

Ao longo da década de 1920, os estudos sobre fenômenos radioativos e a estrutura dos átomos prosseguiram. Foi observado que, para um núcleo atômico com carga correspondente à de x prótons, sua massa correspondia à de aproximadamente $2x$ prótons. Muitas tentativas de explicação esbarravam em inconsistências teóricas e experimentais. A solução veio após a observação, em 1930, de um tipo de radiação que não tinha carga positiva (como as partículas alfa) nem negativa (como as partículas beta, outro tipo de partícula radioativa conhecida à época), mas que também não era radiação gama (uma emissão radioativa, esta constituída de ondas eletromagnéticas).

Em 1932, o físico inglês James Chadwick (1891-1974) conseguiu caracterizar essa radiação como sendo constituída de partículas subatômicas de massa muito próxima à do próton, porém eletricamente neutra, ou seja, sem carga elétrica. Essa partícula, que foi denominada **nêutron**, localiza-se no núcleo dos átomos, juntamente com os prótons.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Para representar o núcleo de um átomo, em um trabalho escolar, um grupo de estudantes resolveu usar uma miçanga (conta de colar) de diâmetro 5 mm. Para manter a escala do modelo, entre quais valores deverá estar, aproximadamente, o diâmetro da eletrosfera nessa representação? Após realizarem os cálculos, em equipe, debatam se a miçanga é uma escolha adequada para representar o núcleo do átomo, partindo das evidências científicas e observações feitas por Rutherford. Após chegarem a uma conclusão, façam o registro e compartilhem a opinião do grupo com o restante da turma.

2. Elemento químico e número atômico

O núcleo atômico dificilmente tem a estrutura alterada por fatores externos. Acontecimentos com mudanças do núcleo, chamados fenômenos nucleares, são estudados pela Física e pela Química Nuclear e ocorrem, por exemplo, em estrelas e em usinas nucleares. Em **reações químicas**, o **núcleo** dos átomos **permanece inalterado**. Quando um átomo se une a outro, essa união acontece por meio de modificações na eletrosfera.

O **número de prótons** no núcleo é denominado **número atômico** e representado por Z. Nas primeiras décadas do século XX, a partir de trabalhos teóricos do físico holandês Antonius van den Broek (1870-1926) e experimentais do físico britânico Henry Moseley (1887-1915), consolidou-se a ideia de que o número de cargas positivas no núcleo, o número atômico, **determina de qual elemento químico é um átomo**.

Comente com os estudantes que, embora explicasse alguns resultados experimentais, o modelo de Rutherford tinha suas limitações. Por exemplo, ele era inconsistente com a Física Clássica. De acordo com a Eletrodinâmica Clássica, partículas aceleradas com carga elétrica, como os elétrons girando em torno do núcleo, deveriam emitir radiação e, assim, perder energia. Isso faria com que o raio de suas órbitas ficasse cada vez menor, até que os elétrons colidissem com o núcleo. O fato de os átomos serem estáveis significava que havia aspectos de sua estrutura não contemplados pelo modelo de Rutherford. Além disso, o modelo não explicava os espectros atômicos (Item 5).

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

CÓPIA

Todos os átomos de $Z = 1$ são do elemento hidrogênio, os de $Z = 2$ são de hélio, e assim por diante. Você pode **consultar** números atômicos dos elementos em uma **tabela periódica**, como a que aparece a seguir, neste capítulo.

A soma das quantidades de prótons e de nêutrons de um átomo é chamada **número de massa** e representada por ***A***. Como a massa dos elétrons é muito pequena comparada à do núcleo, e como a massa do nêutron é aproximadamente igual à do próton, se as duas últimas forem consideradas iguais a 1 (em uma escala arbitrária de massa), o número de massa equivale a uma noção da massa relativa de um átomo.

Podem existir átomos de um mesmo elemento com diferentes números de nêutrons (como veremos no Item 4). Quanto ao número de elétrons, se ele for igual ao de prótons, a carga negativa (dos elétrons) compensará a carga positiva (dos prótons) e a carga total será nula (zero). Por isso, dizemos que o átomo é **eletricamente neutro**.

Representa-se o número atômico (Z) na parte inferior esquerda do símbolo e o número de massa (A) na parte superior esquerda. Por exemplo, $^{31}_{15}P$ representa um átomo de fósforo com 15 prótons ($Z = 15$), 16 nêutrons (pois $A - Z = 31 - 15 = 16$) e, se estiver eletricamente neutro, 15 elétrons.

Em alguns tipos de substâncias (que estudaremos oportunamente), há átomos que, circunstancialmente, têm número de elétrons maior ou menor que o de prótons (Fig. 3). Nesse caso, um átomo está **eletricamente carregado** (tem carga elétrica total não nula) e é denominado **íon**.

Um íon **positivo** é chamado **cátion** e um íon **negativo** é denominado **ânion**. A carga do íon é indicada na parte superior direita. Por exemplo, $^{32}_{16}S^{2-}$ representa ânion de enxofre com 16 prótons, 16 nêutrons e 18 elétrons (pois tem excesso de dois elétrons, já que a carga indicada é 2–), e $^{56}_{26}Fe^{3+}$ representa cátion de ferro com 26 prótons, 30 nêutrons e 23 elétrons (pois tem três elétrons a menos que o átomo neutro, já que a carga indicada é 3+) .

FIZKES/SHUTTERSTOCK

Figura 3 Na água potável, há íons dissolvidos, entre os quais podem estar Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} e Cl^-. Esses íons são assunto da atividade sugerida abaixo.

Dialogando com o texto

Que elementos químicos formam os íons mencionados na legenda da Figura 3? Quantos prótons e elétrons há em um átomo **eletricamente neutro** de cada um desses elementos? Quantos prótons e quantos elétrons há em cada um dos **íons** citados? Explique como chegou a essa conclusão.

Lembre-se de que a tabela periódica (próxima página) é um instrumento de consulta.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

3. A tabela periódica

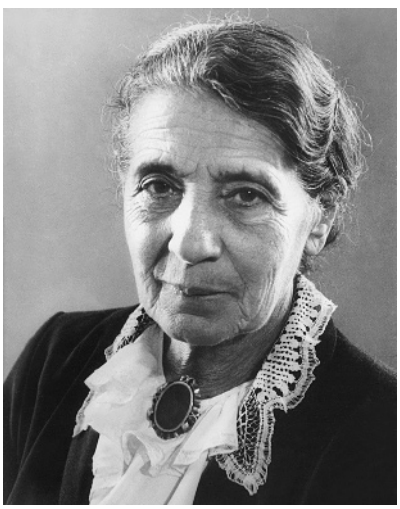
A seguir, há uma **tabela periódica**. Nela, os elementos químicos estão relacionados em **ordem crescente de número atômico**. O quadro legenda (no caso, abaixo dela, à esquerda) indica como as informações (nome, símbolo, número atômico e massa atômica) estão apresentadas, pois isso varia de tabela para tabela. Há sete linhas (sequências horizontais), cada uma denominada **período**. A tabela periódica atual apresenta sete períodos. Os elementos de números atômicos de 57 a 71, chamados **lantanídios**, e os de 89 a 103, os **actinídios**, aparecem à parte e abaixo dos demais. Os lantanídios pertencem ao sexto período e os actinídios, ao sétimo.

Cada uma das dezoito colunas (sequências verticais) é denominada **grupo**, ou **família**. Por determinação da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), os grupos são numerados atualmente de 1 a 18. Os elementos químicos de um mesmo grupo apresentam algumas propriedades químicas semelhantes.

- O grupo 1 é o grupo dos **metais alcalinos**. Embora esteja no grupo 1, o hidrogênio **não** é considerado metal alcalino.
- O grupo 2 é o grupo dos **metais alcalinoterrosos**.
- O grupo 16 é o grupo dos **calcogênios**.
- O grupo 17 é o grupo dos **halogênios**.
- O grupo 18 é o grupo dos **gases nobres**.

Os grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 são de **elementos representativos** e os de 3 a 12 são de **elementos de transição**. Os lantanídios e os actinídios são especificamente denominados **elementos de transição interna**.

Os nomes dos elementos químicos vêm de diversos idiomas e têm significados variados, referindo-se, por exemplo, a propriedade do elemento, personagem mitológico, corpo celeste, localidade ou cientista (Fig. 4).



ULLSTEIN BILD/GETTY IMAGES

Figura 4 A física nuclear austríaca Lise Meitner (1878-1968), em foto de 1956. O elemento meitnério (Mt), do sétimo período da tabela periódica, foi nomeado em sua homenagem. Além da descoberta da fissão nuclear, suas pesquisas foram de grande relevância para elucidar por que alguns núcleos atômicos são instáveis.

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

MODERNA

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

Tabela periódica dos elementos (IUPAC)

1 ← Numeração dos grupos de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC)

A tabela periódica da IUPAC não destaca os elementos em diferentes cores. Nesta página, para efeito didático, utilizaram-se as cores da tabela periódica da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), que não usa a classificação semimetal:

- hidrogênio (não metal), metais e transurânicos ($Z > 92$, artificiais);
- não metais;
- gases nobres de ocorrência natural.

1																	18
1 H hidrogênio 1,0	2											13	14	15	16	17	2 He hélio 4,0
3 Li lítio 6,9	4 Be berílio 9,0											5 B boro 10,8	6 C carbono 12,0	7 N nitrogênio 14,0	8 O oxigênio 16,0	9 F flúor 19,0	10 Ne neônio 20,2
11 Na sódio 23,0	12 Mg magnésio 24,3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al alumínio 27,0	14 Si silício 28,1	15 P fósforo 31,0	16 S enxofre 32,1	17 Cl cloro 35,5	18 Ar argônio 39,9
19 K potássio 39,1	20 Ca cálcio 40,1	21 Sc escândio 45,0	22 Ti titânio 47,9	23 V vanádio 50,9	24 Cr crômio 52,0	25 Mn manganês 54,9	26 Fe ferro 55,8	27 Co cobalto 58,9	28 Ni níquel 58,7	29 Cu cobre 63,5	30 Zn zinco 65,4	31 Ga gálio 69,7	32 Ge germânio 72,6	33 As arsênio 74,9	34 Se selênio 79,0	35 Br bromo 79,9	36 Kr criptônio 83,8
37 Rb rubídio 85,5	38 Sr estrôncio 87,6	39 Y ítrio 88,9	40 Zr zircônio 91,2	41 Nb nióbio 92,9	42 Mo molibdênio 95,9	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	72 Hf háfnio 178,5	73 Ta tântalo 180,9	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	104 Rf rutherfórdio	105 Db dúbnio	106 Sg seabórgio	107 Bh bóhrio	108 Hs hássio	109 Mt meitnério	110 Ds darmstádtio	111 Rg roentgênio	112 Cn copernício	113 Nh nihônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livermório	117 Ts tenesso	118 Og oganessônio

Número atômico
Nome **Símbolo**
Massa atômica

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 173,0	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

ADILSON SECCO

Tabela periódica da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), com as massas atômicas aqui apresentadas com um algarismo após a vírgula.
A massa atômica não está apresentada no caso de elementos que não têm isótopos estáveis. Os dados são provenientes de <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/> (acesso em: 07maio 2020), onde atualizações são periodicamente disponibilizadas.

É relevante ler e destacar aos estudantes o texto do quadro central desta tabela periódica.

IMPRENSA

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

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

Os **gases nobres** de ocorrência natural (He, Ne, Ar, Kr, Xe e Rn) são elementos que se caracterizam pela reduzida tendência de se combinarem quimicamente, assunto que será abordado no capítulo 9.

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

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Cada equipe receberá do professor os nomes de alguns elementos químicos. Com base nesses nomes, respondam às perguntas a seguir por meio de uma pesquisa que será realizada sob a orientação do professor.

Em que época, região e contexto histórico foi descoberto? De que idioma deriva o nome desse elemento e qual seu significado? Que aplicações importantes ele tem para a sociedade? É necessário à saúde humana? Em caso afirmativo, que problemas sua falta pode causar? É tóxico? Se for, que problemas pode provocar e que **medidas protetivas** — **individuais**, **coletivas** e **ambientais** — a equipe **propõe** que sejam adotadas? Que **argumentos** justificam essas medidas?

A equipe deve investigar as respostas e procurar recursos digitais que auxiliem na exposição delas, como vídeos, simuladores e animações. Em dia agendado pelo professor, deve expô-las em sala aos demais colegas.

O grupo também deve fazer um **cartaz digital** para cada elemento pesquisado, com informações relevantes sobre ele, e postar em redes sociais para conhecimento da comunidade.

4. Isótopos

A maioria dos elementos químicos encontrados na natureza ocorre como dois ou mais **isótopos**, átomos de mesmo número atômico e diferentes números de nêutrons (e, consequentemente, diferentes números de massa). Por exemplo, os isótopos naturais do magnésio são $^{24}_{12}Mg$, $^{25}_{12}Mg$ e $^{26}_{12}Mg$, e os do bromo são $^{79}_{35}Br$ e $^{81}_{35}Br$. A palavra **isótopo** vem do grego "lugar igual", em referência ao fato de os isótopos ocuparem posição coincidente na tabela periódica (mesmo elemento).

Cada isótopo tem determinada abundância natural. Por exemplo, os isótopos naturais do neônio (e suas abundâncias) são $^{20}_{10}Ne$ (90,48%), $^{21}_{10}Ne$ (0,27%) e $^{22}_{10}Ne$ (9,25%). Note que a soma das abundâncias de todos os isótopos naturais de um elemento resulta em 100%.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. O gás nobre argônio foi descoberto em 1894. O nome, do grego "inativo", é alusão à sua baixa tendência de reagir quimicamente. O isótopo natural mais abundante é o argônio-40, isto é, com número de massa 40. Quantos prótons, nêutrons e elétrons apresenta esse átomo quando está eletricamente neutro? (**A tabela periódica é um instrumento de consulta.**)

2. O esmalte dental contém, entre outros, íons Ca^{2+} e F^-. Qual dos dois tem mais elétrons? Justifique.

3. Na hematita, minério de ferro, há íons Fe^{3+} e O^{2-}. Considerando apenas os isótopos mais abundantes desses elementos, que são ferro-56 e oxigênio-16, determine quantos prótons, nêutrons e elétrons há em cada um dos íons mencionados.

4. Há 20 elementos químicos com um único isótopo **natural**. Investigue que elementos são esses e registre-os no caderno.

5. Em 1841, o sueco C. G. Mosander anunciou a descoberta de um elemento que ele denominou didímio, "gêmeo", porque ocorria junto com o lantânio, em rochas. Em 1885, o austríaco C. A. von Welsbach mostrou que o didímio era, de fato, uma mistura de dois elementos, que ele isolou e denominou neodímio ("novo gêmeo") e praseodímio ("gêmeo verde"). Pesquise quais são os isótopos naturais desses dois elementos. Quais têm mesmo número de massa? Quais têm mesmo número de nêutrons?

6. Considerando que há três isótopos naturais do elemento hidrogênio (^1_1H, ^2_1H e ^3_1H) e três do oxigênio ($^{16}_8O$, $^{17}_8O$ e $^{18}_8O$), quantas moléculas distintas de água (fórmula H_2O) podem existir?

7. Pesquise a abundância dos isótopos naturais citados na atividade anterior e deduza qual das moléculas de água é a mais comum na natureza.

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

5. Modelo atômico de Bohr

Se a luz solar ou a de uma lâmpada de filamento incandescente (aquelas que, no passado, foram largamente empregadas em residências) atravessar um prisma de vidro, ela será decomposta no espectro da luz visível (Fig. 5.A). Caso o experimento seja repetido com a luz proveniente de uma lâmpada de gás (similar às lâmpadas fluorescentes, mas sem a pintura branca no vidro que as envolve) contendo uma substância simples em fase gasosa, não se obtém o espectro completo, mas apenas algumas linhas coloridas. Essas linhas formam o que chamamos de espectro de linhas ou espectro atômico do elemento químico (Figs. 5.B e 6).

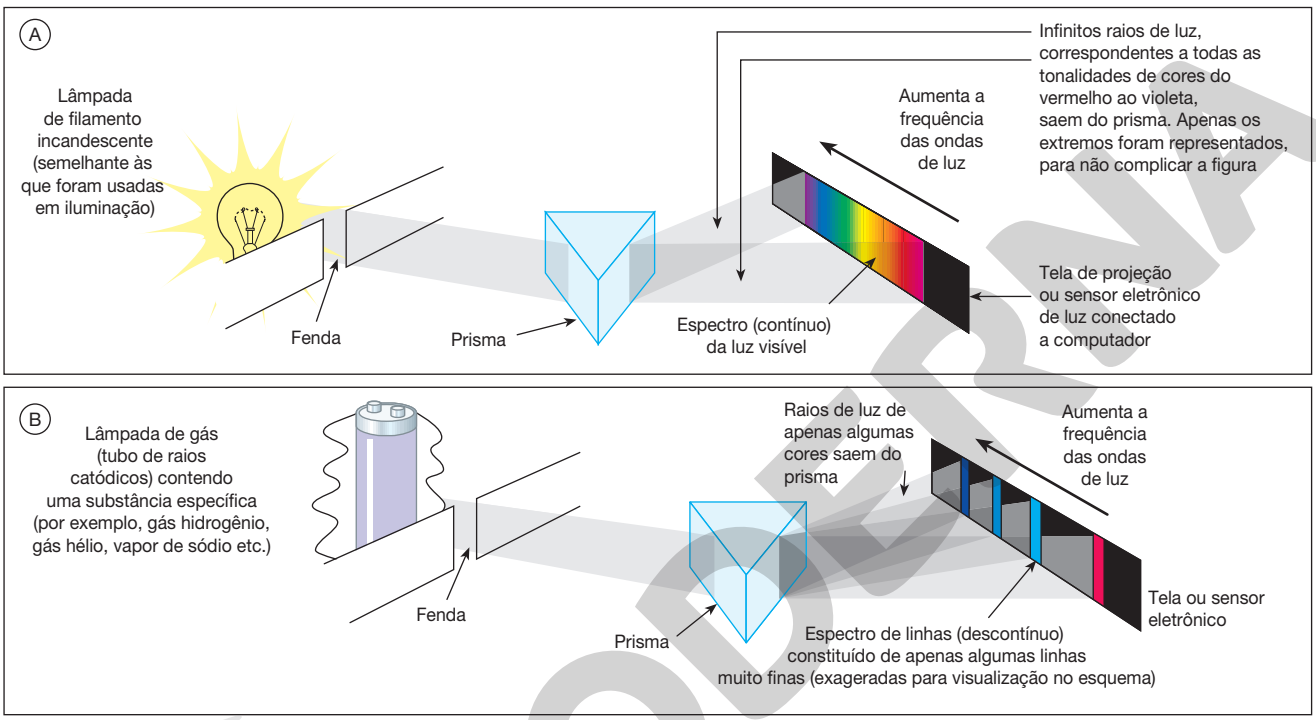


Figura 5 Esquema da montagem experimental utilizada para obter o espectro da luz visível (A) e o espectro atômico de um elemento (B). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fontes: YOUNG, H. D.; FREDMAN, R. A. *University Physics*. 14. ed. Harlow: Pearson, 2016; PETRUCCI, R. H. *et al*. *General Chemistry*. 11. ed. Toronto: Pearson, 2017.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

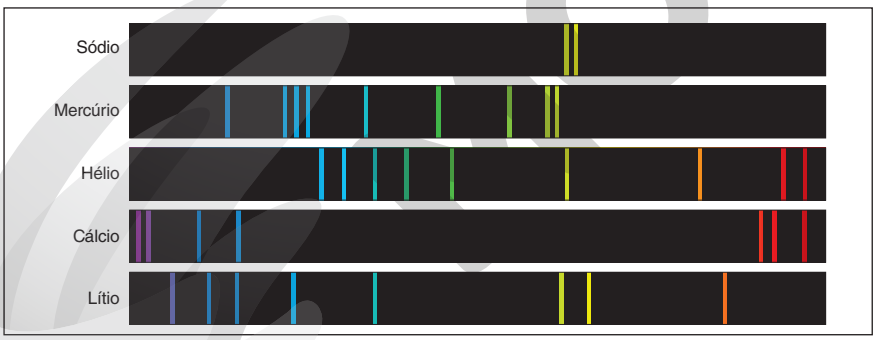


Figura 6 Espectros atômicos (ou espectros de linhas) obtidos com alguns elementos. Note que são espectros descontínuos e que as linhas coloridas obtidas dependem do elemento utilizado.

Fonte: EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. *General Chemistry*. 11. ed. Boston: Cengage, 2017.

Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) propôs um modelo por meio do qual tentou explicar os espectros atômicos. Além de ser influenciado pelos trabalhos de diversos cientistas, como Nicholson e Rutherford (propositores de modelos atômicos), Bohr incorporou aspectos das ideias do físico alemão Max Planck (1858-1947), o qual havia proposto, em 1900, que a radiação eletromagnética era emitida em múltiplos de uma quantidade elementar, ou seja, em porções descontínuas chamadas de **quanta** (plural de **quantum**) de energia.

Em seu modelo atômico, Bohr propôs alguns **postulados**, afirmações consideradas verdadeiras sem demonstração, como pontos de partida para um raciocínio. Se as conclusões tiradas a partir deles forem válidas, os postulados podem ser mantidos como fundamentação para o desenvolvimento de um modelo ou teoria.

Comente com os estudantes que, entre as limitações do modelo de Rutherford (e de outros propostos até então), estava a de não explicar, quantitativa ou qualitativamente, os espectros atômicos.

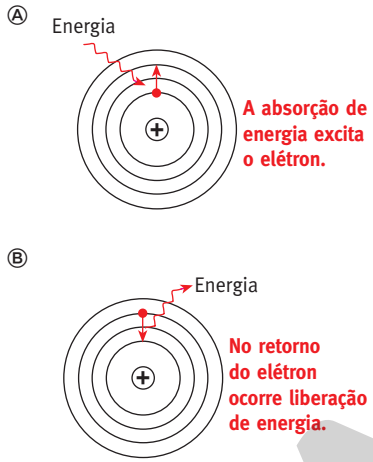
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Entre os postulados do **modelo atômico de Bohr** estão os seguintes:

- Os elétrons, nos átomos, movimentam-se ao redor do núcleo em órbitas circulares (chamadas de **camadas**, ou **níveis**, e designadas por K, L, M, N etc.; a camada mais próxima do núcleo é designada pela letra K, e assim sucessivamente). Um elétron não permanece entre dois níveis.
- Cada um desses níveis tem um valor determinado de energia. (Por isso, são também denominados **níveis de energia**.) Quanto mais próximo do núcleo, menor a energia. O movimento circular do elétron em um nível de energia ocorre sem emissão de radiação e, assim, ele não perde energia.
- Um elétron pode passar para um nível de maior energia se ocorrer **absorção** de quantidade adequada de energia (térmica ou eletromagnética). Nesse caso, dizemos que o elétron foi **excitado** ou que ocorreu uma **transição eletrônica** para um nível mais energético (Fig. 7.A).
- Quando o elétron perde a energia absorvida no processo de excitação, há uma transição eletrônica de retorno ao nível inicial. Nesse caso, há **liberação** de energia (como radiações nas regiões ultravioleta, luz visível ou infravermelho), isto é, emissão de um quantum de energia equivalente à diferença energética entre os dois níveis (Fig. 7.B).

Uma novidade desse modelo em relação aos anteriores é que a energia dos elétrons é **quantizada**, ou seja, apresenta **apenas determinados valores**.

Usando o modelo de Bohr, podemos explicar qualitativamente os espectros atômicos (Fig. 8). Em uma lâmpada de gás, elétrons dos átomos são excitados por descargas elétricas de alta tensão. Ao retornarem aos níveis de menor energia, liberam energia na forma de luz. Como a cor da luz emitida depende da diferença de energia entre os níveis envolvidos na transição e como essa diferença varia entre os elementos químicos, a luz apresentará cor característica para cada elemento.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 7 Esquema de uma excitação eletrônica (A), que ocorre com absorção de energia, e do retorno do elétron ao estado fundamental (B), no qual há liberação de energia. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry*: *the molecular nature of matter and change*. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018.

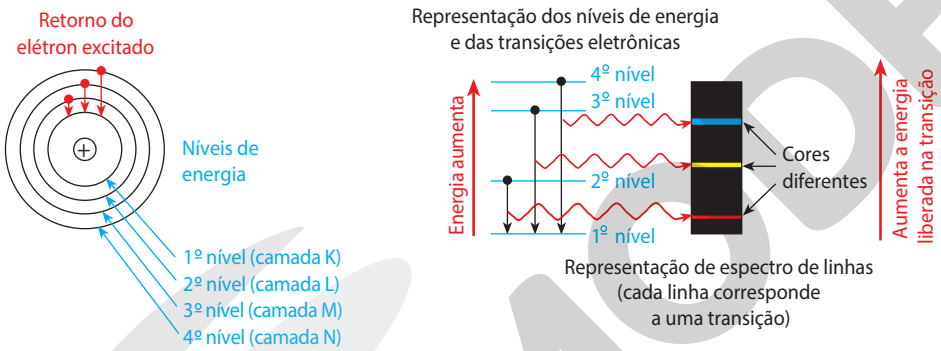


Figura 8 Esquema que elucida, usando o modelo de Bohr, já que apenas algumas cores estão presentes em um espectro atômico. Variando a energia liberada na transição (diferença de energia entre os níveis inicial e final), varia a cor da luz emitida. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: HALLIDAY, D. *et al*. *Fundamentals of Physics*. 10. ed. Hoboken: John Wiley, 2014.

Atividade prática

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Nessa atividade será possível observar um fenômeno e propor explicação para ele considerando um modelo atômico.

Material por equipe

2 objetos iguais, fosforescentes e que brilhem no escuro (figurinhas, brinquedos, ornamentos para teto, teclas de interruptor). É necessário um local que possa ser totalmente escurecido.

Procedimento

1. Mantenham um dos objetos por, pelo menos, 24 horas em uma embalagem fechada e escura na qual **não** receba luz alguma (caixa fechada de papelão grosso, por exemplo).
2. Após as 24 horas, exponham o outro objeto a uma lâmpada acesa por, pelo menos, 10 minutos.
3. Escureçam completamente o local. Retirem o outro objeto da embalagem e coloquem os dois lado a lado. Observem e comparem.

Conclusões

Proponham uma explicação para o observado. Um representante de cada equipe deve expor a proposta de explicação à sala.

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

Elaborem, em equipe, um relato do procedimento, seguido do resultado observado e da explicação proposta. Divulguem-no como *blog*, *podcast* ou vídeo (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro), conforme orientação do professor.

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

MODERNA

O modelo de Bohr é limitado (só produz previsões numéricas corretas para átomos e íons **hidrogenoides**, isto é, com um elétron). As explicações científicas atuais para esses fenômenos se valem de modelos mais complexos. A palavra *qualitativamente* visa destacar aos estudantes que as explicações com que vão trabalhar aqui são aproximadas.

Atividade em grupo

O modelo de Bohr pode ser usado para explicar qualitativamente uma série de fatos interessantes. Cada equipe deve escolher um dos itens e investigar as respostas.

A seguir, com a mediação do professor, deve expor as conclusões à classe, de forma bem organizada para que os colegas das demais equipes possam entender as respostas com clareza.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

- Como os vaga-lumes (pirilampos) emitem luz?
- O que é o teste da chama? Por que cada elemento exibe uma cor característica nesse teste? Deem exemplos dessas cores.
- Como funciona a luz *laser*? Quais são suas aplicações (Fig. 9)?
- O que dá cor aos fogos de artifício? Como se explica o surgimento dessa cor? (**Nunca manuseie fogos de artifício! Acidentes gravíssimos podem acontecer.** Esse manuseio só deve ser feito por profissionais treinados.)
- Como funcionam os letreiros luminosos de gás neônio? E as lâmpadas fluorescentes de mercúrio? E as lâmpadas de sódio?

JEMAL COUNTESS/GETTY IMAGES NORTH AMERICA

Figura 9 Patricia Era Bath (1942-2019), em foto de 2012, oftalmologista e inventora que desenvolveu um dispositivo para otimizar o uso de luz *laser* em cirurgia para remover catarata (distúrbio em que a lente do olho fica opaca). Foi a primeira estadunidense afrodescendente a obter uma patente com propósitos médicos.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Analise com muita atenção os dados da Figura 10.

1. O que há de comum entre as distribuições eletrônicas dos elementos do grupo 1? E entre as do grupo 2?
2. Analisando os demais grupos, que relação geral há entre a distribuição eletrônica dos elementos representativos e o grupo do elemento?
3. Algum elemento destoa da generalização? Qual?
4. O que há de comum entre as distribuições eletrônicas dos elementos de um mesmo período?

6. Distribuição eletrônica nas camadas

Cada camada eletrônica comporta certo número máximo de elétrons. Por exemplo, a primeira comporta no máximo 2 elétrons, a segunda, 8, a terceira, 18. Existe uma tendência de os elétrons ocuparem níveis de mais baixa energia. Quando os elétrons estão na situação de **menor energia possível**, dizemos que o átomo está em seu **estado fundamental**.

Usando técnicas experimentais apropriadas, os cientistas determinaram a distribuição eletrônica em camadas para os átomos dos elementos. Para o $_1$H, é K: 1 (um elétron na camada K), para o $_2$He, é K: 2 (dois elétrons na camada K), para o $_3$Li, é K: 2, L: 1 (dois elétrons na camada K e um na L), e assim por diante (Fig. 10). Existem, em teoria, infinitos níveis possíveis. Contudo, sete são suficientes para acomodar os elétrons nos átomos conhecidos.

A partir do argônio, o estado fundamental pode ter elétrons em camada mais externa, ainda que a anterior não esteja preenchida. Isso não é explicado pelo modelo de Bohr, mas por outro mais avançado, o modelo mecânico-quântico.

1																	18
H 1 1	2											13	14	15	16	17	He 2 2
Li 3 2 1	Be 4 2 2											B 5 2 3	C 6 2 4	N 7 2 5	O 8 2 6	F 9 2 7	Ne 10 2 8
Na 11 2 8 1	Mg 12 2 8 2											Al 13 2 8 3	Si 14 2 8 4	P 15 2 8 5	S 16 2 8 6	Cl 17 2 8 7	Ar 18 2 8 8
K 19 2 8 8 1	Ca 20 2 8 8 2											Ga 31 2 8 18 3	Ge 32 2 8 18 4	As 33 2 8 18 5	Se 34 2 8 18 6	Br 35 2 8 18 7	Kr 36 2 8 18 8
Rb 37 2 8 18 8 1	Sr 38 2 8 18 8 2											In 49 2 8 18 18 3	Sn 50 2 8 18 18 4	Sb 51 2 8 18 18 5	Te 52 2 8 18 18 6	I 53 2 8 18 18 7	Xe 54 2 8 18 18 8
Cs 55 2 8 18 18 8 1	Ba 56 2 8 18 18 8 2											Tl 81 2 8 18 32 18 3	Pb 82 2 8 18 32 18 4	Bi 83 2 8 18 32 18 5	Po 84 2 8 18 32 18 6	At 85 2 8 18 32 18 7	Rn 86 2 8 18 32 18 8
Fr 87 2 8 18 32 18 8 1	Ra 88 2 8 18 32 18 8 2																

ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

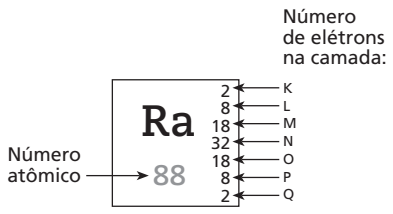


Figura 10 Distribuição eletrônica dos átomos, eletricamente **neutros** e no **estado fundamental**, dos elementos **representativos** até o rádio. Veja o exemplo acima para interpretar corretamente os dados.

Fonte: BROWN, T. L. *et al. Chemistry: the central science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

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

MODERNA

Ressalte aos estudantes, aqui também, que o texto não se constitui em uma narrativa histórica, mas em um encadear de ideias selecionadas e organizadas com propósito didático.

7. Modelo atômico mecânico-quântico

Bohr deduziu os valores numéricos da frequência da luz de cada uma das linhas do espectro do hidrogênio, e eles coincidiram com os valores experimentais. No entanto, cálculos para átomos com dois ou mais elétrons não concordavam com os valores observados. Assim, era necessário melhorar o modelo ou substituí-lo por outro que se aplicasse também a esses átomos.

Nas três primeiras décadas do século XX, período que inclui a época em que Rutherford e Bohr propuseram seus modelos, a Física passou por uma revolução na maneira de encarar fenômenos do mundo atômico-molecular. Muitos novos conceitos foram propostos, diversos experimentos e considerações teóricas foram desenvolvidos, e um dos frutos dessa nova maneira de entender a Física foi o surgimento da **Mecânica Quântica**. Grande número de cientistas contribuiu para esse esforço, entre eles o físico francês Louis de Broglie (1892-1987), os físicos alemães Werner Heisenberg (1901-1976) e Max Born (1882-1970), os físicos austríacos Erwin Schrödinger (1887-1961) e Wolfgang Pauli (1900-1958) e o físico britânico Paul Dirac (1902-1984).

Na época, havia evidências de que a luz, antes considerada apenas onda, podia exibir comportamento corpuscular (comportamento "de matéria") em certos experimentos. Desenvolveu-se, então, outra hipótese: a de que a matéria poderia apresentar comportamento de onda, o que se confirmou quando foi observado que um feixe de elétrons podia exibir o fenômeno chamado difração, considerado anteriormente exclusivo de ondas.

Outra mudança radical ocorreu com o conceito de **incerteza**. Até então, a ideia de incerteza, na Ciência, estava relacionada à precisão de instrumentos de medida. Por exemplo, se você está medindo o comprimento de uma caneta, uma fita métrica fornece baixa precisão, uma régua escolar fornece maior precisão e um paquímetro (pesquise esse instrumento) propicia precisão ainda maior. Na escala dos átomos, porém, a incerteza é inerente aos fenômenos quânticos. Ao tentar medir a posição de um elétron, por exemplo, o próprio ato de medir interfere no resultado. Para localizar o elétron, seria preciso interagir com ele; contudo, essa interação altera sua energia e sua velocidade. Essa característica é expressa pelo **princípio da incerteza**: não podemos ter certeza absoluta, simultaneamente, da posição e da velocidade de uma partícula.

Novos modelos atômicos foram desenvolvidos reunindo a quantização, o comportamento ondulatório da matéria e a incerteza. Em geral, são modelos matemáticos complexos, cujo estudo está além do escopo deste livro. Um exemplo é a descrição do comportamento dos elétrons no átomo, e de outras entidades em nível submicroscópico, por meio de **equações de onda**.

No **modelo atômico mecânico-quântico**, o comportamento de cada elétron é descrito por uma fórmula matemática, a **função de onda** (associada à equação de onda), a partir da qual podem ser calculadas propriedades como sua **energia** (que tem valores **quantizados**) e a **probabilidade** de encontrá-lo em certa região. Não é possível falar em órbitas dos elétrons em torno do núcleo, com posições ou trajetórias definidas. Devido à incerteza e ao comportamento ondulatório do elétron, o modelo mecânico-quântico descreve **orbitais**, funções matemáticas que descrevem a probabilidade de encontrar um elétron com determinada energia a certa distância do núcleo. Hoje, programas de computador fornecem imagens da região de alta probabilidade de encontrar determinado elétron ou conjunto de elétrons e também representações de como essa probabilidade varia no espaço. Geralmente, tons mais escuros são usados para indicar maior probabilidade (veja os tons de azul na Fig. 11).

Esse modelo explicou os espectros atômicos dos diversos elementos. Com ele, formulou-se o conceito de **subníveis de energia** (subdivisões, também de energia quantizada, dos níveis energéticos) e tornou-se possível determinar e explicar a distribuição dos elétrons nesses subníveis de energia.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Nos últimos anos, parte do vocabulário da Mecânica Quântica passou a ser usada por pessoas que nada sabem sobre o tema e, sem nenhuma formação em Medicina ou Psicologia, dão conselhos que **pretensamente** melhoram a vida das pessoas.

Expressões como "cura quântica", "programação quântica" e "*coach* quântico" são usadas para iludir pessoas e obter lucro, em uma atividade **não reconhecida como Ciência**. Essa atuação pode configurar **exercício ilegal de Medicina ou Psicologia** e até **colocar em risco a saúde física e mental dos "clientes"**.

Cada equipe deve propor uma campanha de conscientização sobre o exposto acima, alertando a população para que não seja enganada.

Como seria essa campanha? Em rádio, tevê, jornal, revista, internet e redes sociais? Elaborem esboços das peças publicitárias usando argumentos adequados.

Gravem um comercial em áudio ou vídeo e, a critério do professor, apresentem-no à classe e/ou postem em *blog* ou *podcast*. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro).

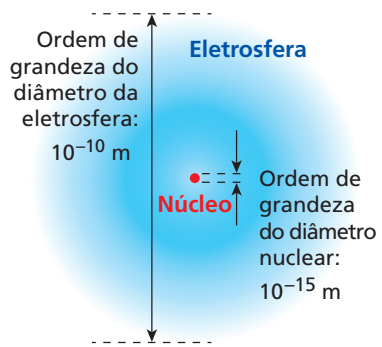


ILUSTRAÇÃO DOS AUTORES

Figura 11 Representação do modelo atômico mecânico-quântico. Tons mais escuros de azul indicam maior densidade eletrônica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) Atente:

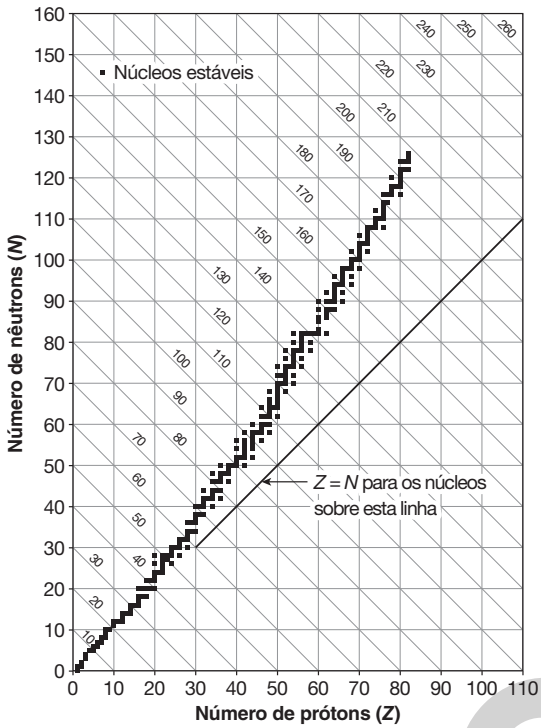
10^{-10} m = 0,000 000 000 1 m
10^{-15} m = 0,000 000 000 000 001 m

Fonte: MCMURRY, J. E. *et al*. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

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

EM PROVA

1. (Enem) Os núcleos dos átomos são constituídos de prótons e nêutrons, sendo ambos os principais responsáveis pela sua massa. Nota-se que, na maioria dos núcleos, essas partículas não estão presentes na mesma proporção. O gráfico mostra a quantidade de nêutrons (*N*) em função da quantidade de prótons (*Z*) para os núcleos estáveis conhecidos.



KAPLAN, I. *Física Nuclear*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (adaptado).

O antimônio é um elemento químico que possui 50 prótons e possui vários isótopos — átomos que só se diferem pelo número de nêutrons. De acordo com o gráfico, os isótopos estáveis do antimônio possuem

a) entre 12 e 24 nêutrons a menos que o número de prótons.
b) exatamente o mesmo número de prótons e nêutrons.
c) entre 0 e 12 nêutrons a mais que o número de prótons.
d) entre 12 e 24 nêutrons a mais que o número de prótons.
e) entre 0 e 12 nêutrons a menos que o número de prótons.

1. d

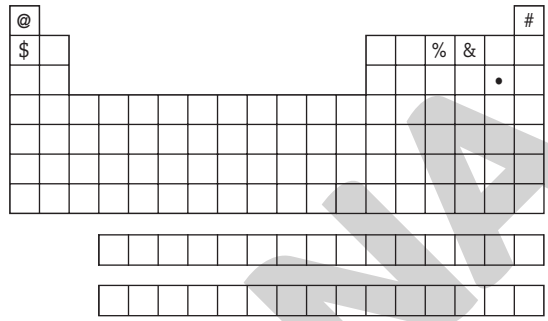
2. (Uerj) Um dos elementos químicos que tem se mostrado muito eficiente no combate ao câncer de próstata é o selênio (Se). Com base na tabela de classificação periódica dos elementos, os símbolos de elementos com propriedades químicas semelhantes ao selênio são:

a) Cl, Br, I **b)** Te, S, Po **c)** P, As, Sb **d)** As, Br, Kr

2. b

3. (Fuvest-SP) Um astronauta foi capturado por habitantes de um planeta hostil e aprisionado numa cela, sem seu capacete espacial. Logo começou a sentir falta de ar.

Ao mesmo tempo, notou um painel como o da figura em que cada quadrado era uma tecla. Apertou duas delas, voltando a respirar bem. As teclas apertadas foram



a) @ e # **c)** $ e % **e)** & e •
b) # e $ **d)** % e &

3. d

4. (UFU-MG) No início do século XIX, com a descoberta e o isolamento de diversos elementos químicos, tornou-se necessário classificá-los racionalmente, para a realização de estudos sistemáticos. Muitas contribuições foram somadas até se chegar à atual classificação periódica dos elementos químicos. Em relação à classificação periódica atual, responda:

a) Como os elementos são listados, sequencialmente, na tabela periódica?
b) Em quais grupos da tabela periódica podem ser encontrados: um halogênio, um metal alcalino, um metal alcalinoterroso, um calcogênio e um gás nobre?

5. (Uneb-BA) Um átomo apresenta normalmente 2 elétrons na primeira camada, 8 elétrons na segunda, 18 elétrons na terceira camada e 7 na quarta camada. A família e o período em que se encontra esse elemento são, respectivamente:

a) família dos halogênios, sétimo período.
b) família do carbono, quarto período.
c) família dos halogênios, quarto período.
d) família dos calcogênios, quarto período.
e) família dos calcogênios, sétimo período.

5. c

6. (UFV-MG) Os átomos neutros de dois elementos químicos **A** e **B**, estáveis, apresentam respectivamente as distribuições eletrônicas:

A: K: 2, L: 8, M: 7 **B**: K: 2, L: 7

Pode-se dizer, a respeito desses dois elementos, que:

a) apresentam o mesmo número de nêutrons.
b) são metais.
c) apresentam o mesmo número de prótons.
d) pertencem à mesma família da tabela periódica.
e) apresentam o mesmo raio atômico.

6. d

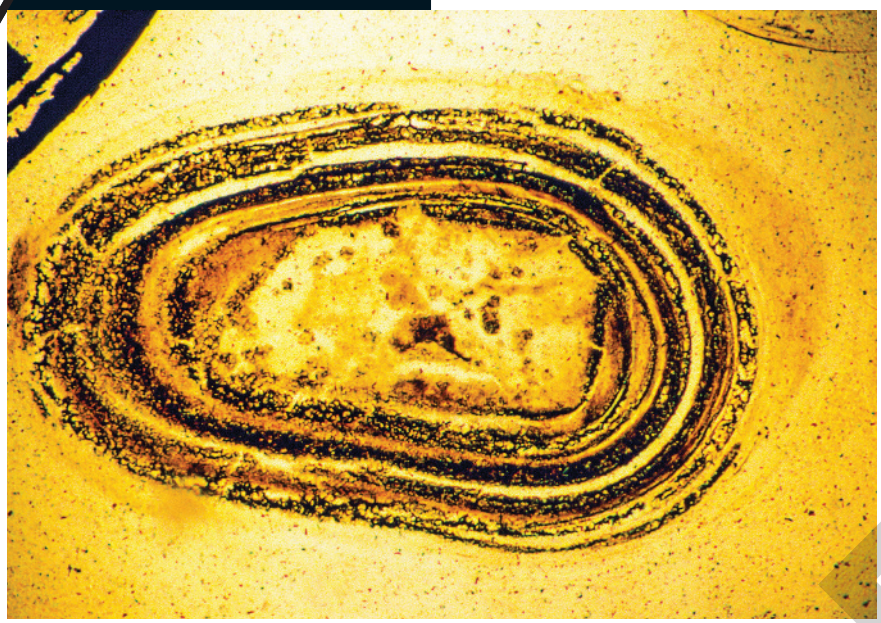
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

CAPÍTULO 5

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DA VIDA E CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA



SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Fotografia ao microscópio óptico de corte de uma alga unicelular fóssil datada em 2 bilhões de anos de idade. Esse organismo assemelha-se a formas atuais, o que indica que essas linhagens de seres unicelulares foram bem-sucedidas, adaptando-se às mudanças pelas quais a Terra vem passando desde que a vida surgiu. (Microscópio óptico; aumento ≈ 140×; cores meramente ilustrativas.)

De olho na BNCC:

- EM13CNT201
- EM13CNT202
- EM13CNT306
- EM13CHS103

Muitos estudiosos têm enfrentado o grande desafio que é definir **vida**. Entretanto, até hoje nenhuma definição foi plenamente satisfatória. Em 1959, por exemplo, o geneticista estadunidense Norman Horowitz (1915-2005) sugeriu que a vida "caracteriza-se por autorreplicação, mutabilidade e troca de matéria e energia com o meio ambiente". Em 1986, o biólogo evolucionista inglês John Maynard Smith (1920-2004) considerou que "[...] entidades com propriedades de multiplicação, variação e hereditariedade são vivas, e entidades que não apresentam uma ou mais dessas propriedades não o são". O bioquímico evolucionista Jeffrey S. Wicken (1942-2002), em 1987, definiu vida como "uma hierarquia de unidades funcionais que, por meio da evolução, têm adquirido a habilidade de armazenar e processar a informação necessária para sua própria reprodução".

A controvérsia sobre a definição de vida é um bom exemplo de como é construído o conhecimento científico: com base na observação da natureza, os cientistas tentam interpretar os fatos e gerar explicações mais abrangentes sobre eles. Nesse processo, diversas explicações podem ser propostas e testadas por meio de procedimentos científicos, que geralmente envolvem acaloradas discussões entre os cientistas, que talvez ainda estejam em um estágio inicial da definição de vida.

Há cientistas eminentes que consideram impossível e mesmo inútil definir claramente o fenômeno da vida. Entre eles destaca-se o zoólogo alemão naturalizado estadunidense Ernst Mayr (1904-2005), que assim escreveu em 1982: "Tentativas foram feitas repetidamente para definir 'vida'. Esses esforços são um tanto fúteis, visto que agora está inteiramente claro que não há uma substância, um objeto ou uma força especial que possa ser identificada à vida".

Apesar de achar que não é possível definir vida, Ernst Mayr admite a possibilidade de definir o "processo da vida". Continua ele: "O processo da vida, contudo, pode ser definido. Não há dúvida de que os organismos vivos possuem certos atributos que não são encontrados [...] em objetos inanimados".

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor

Atividade em grupo

Analise com cuidado as diferentes definições de vida apresentadas no texto; note que há muitos conceitos complexos incluídos nessas definições. Nossa proposta é que você forme um grupo de colegas para debater as definições de vida apresentadas no primeiro parágrafo do capítulo. Os produtos da atividade serão textos que expliquem detalhadamente os conceitos embutidos em cada definição.

Converse com o professor sobre a possibilidade de discutir os trabalhos dos grupos em sala de aula. Ao fim, debata a seguinte questão com seus colegas: há algum conceito comum entre as diferentes definições? Em caso afirmativo, esse conceito seria essencial à definição de vida?

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

EM PRODUÇÃO

Um dos principais desafios na definição de vida resulta da grande diversidade de seres vivos existentes na Terra. Já foram catalogados quase dois milhões de espécies biológicas diferentes, e milhares de novas espécies continuam a ser descobertas a cada ano. Segundo alguns estudiosos, o número de espécies viventes pode chegar perto dos 30 milhões! Como organizar e compreender tamanha biodiversidade? Esse é o objeto da Sistemática, ramo das Ciências Naturais cujos objetivos principais são compreender a biodiversidade, tentando organizá-la por meio da taxonomia, ou classificação biológica. Esse é um dos temas abordados no capítulo.

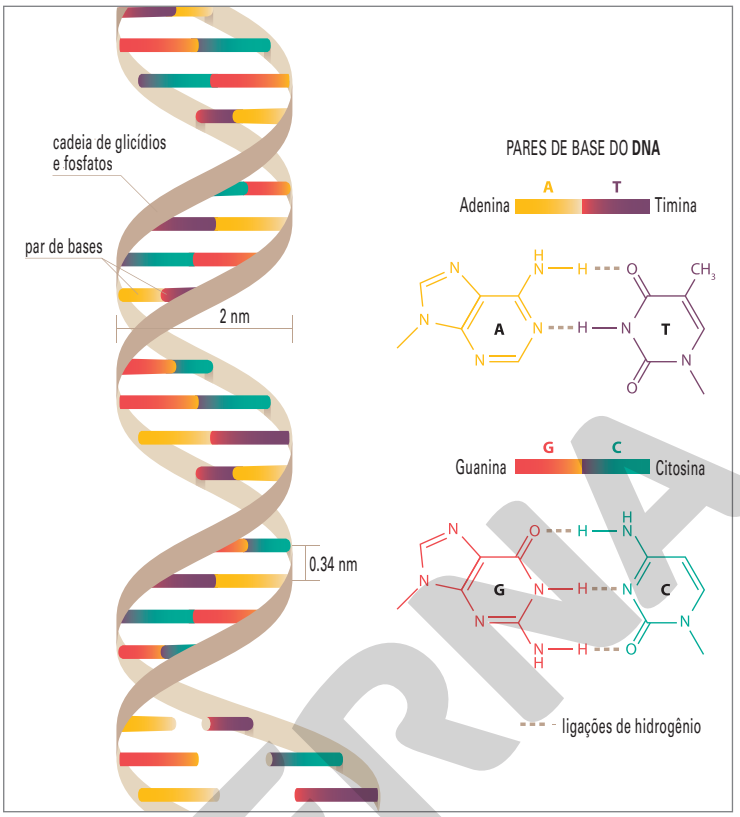


Figura 1 À esquerda representação artística da molécula do ácido nucleico denominado DNA, substância orgânica que constitui o material genético. As fórmulas à direita representam os dois pares de bases nitrogenadas unidas por ligações de hidrogênio. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

1. Características dos seres vivos

Composição química dos seres vivos

A matéria que compõe os seres vivos é constituída por **átomos**, assim como a matéria que constitui entidades não vivas. Entretanto, na matéria viva os átomos de certos elementos químicos – carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N) e, em menor proporção, fósforo (P) e enxofre (S) – estão sempre presentes.

As **substâncias orgânicas** que formam os seres vivos caracterizam-se por conter átomos de carbono interligados em sequência, constituindo cadeias carbônicas, às quais se unem átomos de outros elementos químicos. É a maneira pela qual os diferentes átomos se combinam nas moléculas orgânicas que determina o tipo de substância. Na matéria viva destacam-se quatro tipos principais de substâncias orgânicas: **proteínas**, **glicídios**, **lipídios** e **ácidos nucleicos** (Fig. 1).

A organização celular

Além de substâncias inorgânicas, como água e sais minerais, há milhares de substâncias orgânicas diferentes nos seres vivos, as quais se reúnem de forma altamente organizada na constituição das **células**, consideradas as unidades fundamentais da vida. Todos os seres vivos são constituídos por células, com exceção dos vírus.

No mundo vivo há dois tipos de células: procarióticas e eucarióticas. A **célula procariótica** é relativamente mais simples e menor que a eucariótica, e em seu interior geralmente não há compartimentos membranosos. Entre os seres vivos apenas bactérias e arqueas (organismos unicelulares com forma e tamanho semelhantes aos das bactérias) têm células procarióticas. A **célula eucariótica** apresenta internamente compartimentos e estruturas membranosas que desempenham funções específicas, como digestão, transporte e armazenamento de substâncias. Um compartimento celular característico é o **núcleo**, no qual se localiza o material genético – DNA (abreviatura de ***d****eoxiribo****n****ucleic* ***a****cid*, ácido desoxirribonucleico) – que constitui os genes. Células procarióticas não têm núcleo e seu material genético encontra-se livre no citoplasma, o fluido que preenche a célula (Fig. 2).

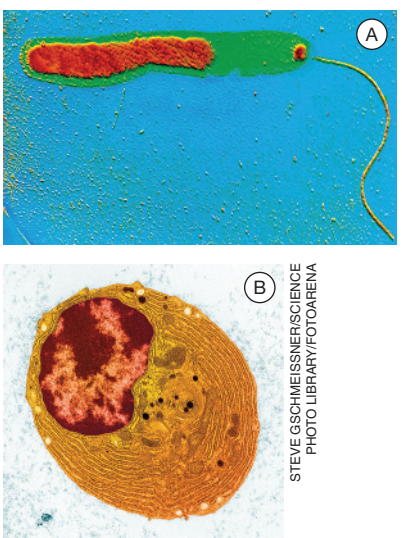


Figura 2 Fotomicrografias ao microscópio eletrônico de: (A) bactéria *Vibrio cholerae*, constituída por uma célula procariótica (microscópio eletrônico; aumento ≈ 12.000×; cores meramente ilustrativas); (B) glóbulo branco do sangue humano, uma célula eucariótica (microscópio eletrônico; aumento ≈ 2.500×; cores meramente ilustrativas).

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

MODERNA

O metabolismo

A maior parte das substâncias presentes nas células é continuamente degradada e substituída por substâncias recém-fabricadas. Essa intensa atividade bioquímica requer energia, que a célula obtém de substâncias orgânicas retiradas do meio, denominadas nutrientes. Além de fornecer energia, os nutrientes também fornecem matéria-prima que a célula utiliza na produção de novas moléculas. O conjunto de atividades de transformação bioquímica que ocorre no interior de uma célula constitui o **metabolismo** celular (do grego *metabole*, mudança, ou transformação).

Reação e movimento

Muitos seres vivos são capazes de reagir ao que se passa ao seu redor. Bactérias, algas e protozoários microscópicos deslocam-se ativamente, procurando os locais mais favoráveis à sua sobrevivência. A maioria dos animais caracteriza-se por reações rápidas a estímulos ambientais. Muitas plantas podem alterar a posição de suas folhas no decorrer do dia, de modo a aproveitar melhor a energia do Sol (Fig. 3).

Crescimento e reprodução

Duas características importantes dos seres vivos são o **crescimento**, que ocorre pela produção de substâncias por meio do metabolismo celular, e a **reprodução**, que garante a continuidade da vida.

Há dois tipos básicos de reprodução: assexuada e sexuada.

Na **reprodução assexuada** um novo ser surge a partir de uma célula ou de um grupo de células produzido por um único indivíduo genitor (Fig. 4). Na reprodução assexuada os organismos filhos recebem as mesmas instruções genéticas presentes no genitor e, geralmente, são idênticos a ele.

Na **reprodução sexuada** um novo ser surge por meio da união de duas células sexuais, os gametas. Os gametas podem ser produzidos por um mesmo genitor, mas geralmente são produzidos por dois genitores de sexos diferentes.

Variabilidade genética e biodiversidade

O material genético apresenta características que variam entre as espécies e mesmo entre indivíduos de uma mesma espécie; essa variação é denominada **variabilidade genética**. Graças a essa variabilidade, os indivíduos que nascem a cada geração por reprodução sexuada são únicos, diferentes uns dos outros. Alguns dos organismos de uma espécie podem ter mais chance que outros de sobreviver e de se reproduzir em determinado ambiente; assim, eles têm mais chance de transmitir suas características à descendência do que indivíduos menos capacitados a sobreviver.

A grande diversidade de seres vivos na Terra, nos mais diversos aspectos (molecular, genético, morfológico, fisiológico, ecológico etc.), constitui a **biodiversidade**. Durante a evolução da vida, a variabilidade genética possibilitou o surgimento dos mais variados tipos de organismos. Os organismos e espécies mais bem-sucedidos na "luta pela vida" sobreviveram e hoje compõem a biodiversidade do planeta.

Adaptação e evolução

A ideia de que os indivíduos de uma população têm diferentes chances de sobreviver e de deixar descendentes foi concebida independentemente pelos naturalistas ingleses Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Wallace (1823-1913), em meados do século XIX. Segundo eles, o ambiente "seleciona" positivamente os indivíduos mais aptos, geração após geração, o que foi denominado **seleção natural**. Essa é a base da **teoria da evolução**, segundo a qual os seres vivos passam por mudanças ao longo do tempo e sobrevivem por adaptarem-se aos ambientes onde vivem.

DAVID SIEREN/VISUALS UNLIMITED/GETTY IMAGES

DAVID SIEREN/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

DAVID SIEREN/VISUALS UNLIMITED/GETTY IMAGES

Figura 3 As folhas da sensitiva, nome popular da planta *Mimosa pudica* (arbusto de cerca de 60 cm de comprimento), fecham-se segundos após serem tocadas, representando um caso particular de reação e movimentação nas plantas.

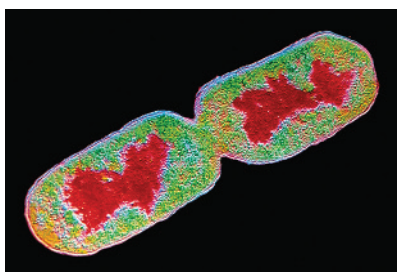

CNRI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 4 Reprodução assexuada de uma bactéria fotografada ao microscópio eletrônico. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 15.000×; cores meramente ilustrativas.)

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

Na teoria evolucionista moderna, a **adaptação** é explicada da seguinte maneira: graças à variabilidade genética, ocorrem diferenças entre os indivíduos de uma mesma geração de organismos, o que possibilita que uns organismos se ajustem melhor que outros ao ambiente em que a população está vivendo. Esse ajustamento confere a alguns indivíduos maiores chances de se reproduzir e transmitir aos descendentes suas características adaptativas, que se acentuam ao longo das gerações e gerações de seleção (Fig. 5).

FABIO COLOMBINI

Figura 5 O beija-flor exemplifica a adaptação de um animal ao seu modo de vida. O longo bico é introduzido profundamente nas flores para sugar o néctar, enquanto a ave se mantém parada no ar pelo batimento extremamente rápido das asas. Os biólogos atribuem essas e outras adaptações ao processo de evolução, característico da vida. Na foto, beija-flor rabo-branco-acanelado (*Phaethornis pretrei*), com cerca de 15 cm de comprimento.

2. Níveis de organização da vida

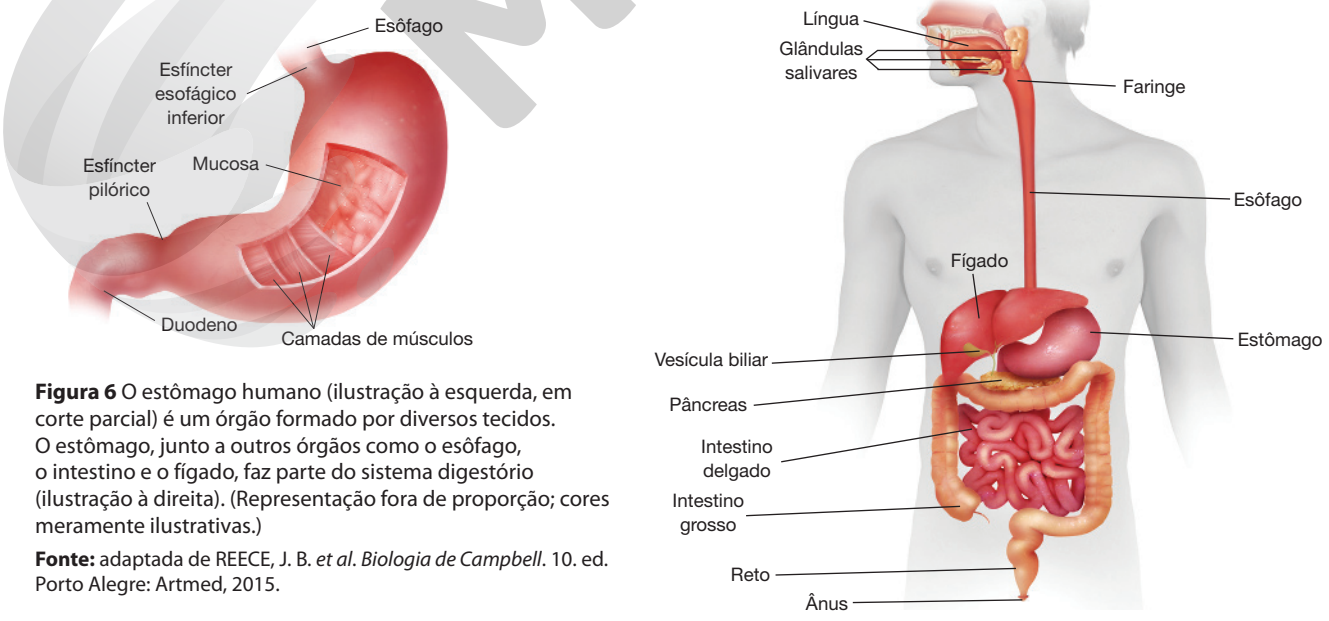
Os estudiosos distinguem diversos níveis em que a vida se manifesta. O primeiro deles seria o nível dos **átomos**, que se unem quimicamente formando as **moléculas** das diversas substâncias orgânicas. Proteínas, por exemplo, são moléculas orgânicas constituídas por centenas, milhares ou mesmo milhões de átomos dos elementos carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N).

As moléculas orgânicas constituem os diversos tipos de estruturas que compõem as **células**, as unidades básicas dos seres vivos (exceto os vírus). Por exemplo, certas proteínas, em conjunto com moléculas de lipídios, constituem as membranas celulares. Além de revestir as células, as membranas biológicas, ou biomembranas, constituem as elaboradas tubulações e estruturas internas (organelas), as quais desempenham diversas funções no metabolismo celular.

Do nível celular passamos a um nível que ocorre apenas em animais e plantas: o nível dos tecidos corporais. **Tecidos** são conjuntos celulares funcionais que desempenham diversos papéis no organismo. O tecido conjuntivo, por exemplo, dá resistência e conjunto ao corpo, formando, entre outras estruturas, os tendões, que unem músculos a ossos. O tecido muscular, por sua vez, é formado por células especializadas em se contrair e produzir movimentos.

Em organismos multicelulares complexos, vários tipos de tecido podem se organizar formando **órgãos corporais**, que desempenham funções específicas. O estômago, por exemplo, é um órgão constituído por diversos tecidos, como tecido muscular liso e tecidos de revestimento interno e externo, além de glândulas estomacais responsáveis pela produção de suco gástrico.

Órgãos geralmente atuam de forma integrada para desempenhar funções corporais específicas. Um conjunto de órgãos funcionalmente integrados constitui um **sistema de órgãos**. Por exemplo, o sistema digestório humano congrega diversos órgãos corporais, como a boca, o esôfago, o estômago e o intestino, além de diversas glândulas que atuam na digestão (Fig. 6).



ILUSTRAÇÕES: CRIS ALENCAR

Figura 6 O estômago humano (ilustração à esquerda, em corte parcial) é um órgão formado por diversos tecidos. O estômago, junto a outros órgãos como o esôfago, o intestino e o fígado, faz parte do sistema digestório (ilustração à direita). (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

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

MODERNA

Os diversos sistemas de órgãos corporais – digestório, circulatório, esquelético etc. – formam o **organismo**. É nesse nível, de organismo para organismo, que estamos conversando por meio deste texto.

A hierarquia da organização biológica não para por aí. Os indivíduos de mesma espécie geralmente constituem grupos denominados **populações biológicas**. População é definida como um conjunto de indivíduos de mesma espécie que habita determinada região geográfica. Exemplos desse nível de organização supraindividual são as populações humanas dos diversos países ou uma população de pássaros que vive em determinada região de um campo.

Os indivíduos de uma população em geral interagem com indivíduos de populações de outras espécies com as quais coabitam. Ao conjunto de populações de diferentes espécies que coexistem em determinada região, interagindo direta ou indiretamente, dá-se o nome de **comunidade biológica**, ou **biocenose**. Um exemplo de biocenose é uma comunidade da qual fazem parte populações de pássaros, de plantas e de outros animais que coabitam e interagem. O ambiente em que vive uma comunidade é o **biótopo**, composto pelas características físicas, como temperatura, umidade, luminosidade, e pelos diversos componentes químicos que afetam as comunidades.

Comunidades biológicas interagem entre si e com o biótopo. A esse conjunto em interação dá-se o nome de **ecossistema**. O ecossistema pode ser tanto um aquário bem equilibrado em vegetais e animais como uma floresta ou um cerrado.

A hierarquia mais abrangente da organização biológica é a que reúne todos os ecossistemas da Terra: a **biosfera**. Esse termo foi introduzido em 1875 pelo geólogo austríaco Eduard Suess (1831-1914) e seu emprego se generalizou a partir da década de 1920, por analogia a outros conceitos que designavam partes do planeta, como litosfera (camada rochosa que constitui a crosta terrestre) e atmosfera (camada de gases e partículas que envolve o planeta). A biosfera inclui todos os seres vivos da Terra e os ambientes onde eles vivem, ou seja, é constituída pelo conjunto de todos os ecossistemas do planeta (Fig. 7).

FABIO COLOMBINI

Figura 7 Um ecossistema de cerrado, constituído por comunidades de diversas espécies de seres vivos. Na foto, Parque Nacional das Emas, GO, 2019.

3. Noções da classificação dos seres vivos

A questão da diversidade da vida já ocupava o pensamento do filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) no século IV a.C., levando-o a elaborar um dos primeiros sistemas de classificação biológica de que se tem notícia (Fig. 8).

No século XVIII o naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), também conhecido em português como Lineu, assumiu o desafio de desenvolver um sistema de classificação capaz de organizar coerentemente o grande número de espécies até então descobertas, principalmente nas viagens às terras recém-conquistadas pelos europeus. Na visão de Lineu, que era partidário do criacionismo, o desenvolvimento de um sistema de classificação adequado ajudaria a entender melhor o plano e as intenções do Criador ao conceber o Universo e os seres vivos.

Em meados do século XIX, o naturalista inglês Charles Darwin publicou sua teoria evolucionista, segundo a qual todos os seres vivos atuais descendem dos primeiros organismos, que, hoje sabemos, surgiram bilhões de anos atrás. Para Darwin, a vida na Terra teria surgido uma única vez e se diversificado ao longo do tempo, como os ramos de uma grande árvore. Essa diversificação é o que teria levado à grande variedade de seres atuais. De acordo com a teoria evolucionista, a diversidade da vida decorre da evolução biológica, processo de ajustamento dos organismos e das espécies aos desafios de sobrevivência. Ao longo do século XX, a teoria darwinista foi ampliada e consolidada, sendo atualmente uma das mais importantes na Biologia.

A aceitação da teoria evolucionista levou os estudiosos à conclusão de que a classificação biológica deveria levar em conta as relações de parentesco evolutivo entre as espécies, uma vez que as espécies atuais se originaram de outras mais antigas; espécies com maior grau de parentesco evolutivo deveriam estar reunidas na classificação. O grande desafio dessa empreitada é justamente descobrir as relações de origem e parentesco evolutivo entre os grupos de seres vivos, que se diversificaram no decorrer de um tempo que vai de bilhões a milhões de anos atrás.

BRIDGEMAN IMAGES/GLOW IMAGES - MUSEU DO LOUVRE - PARIS

Figura 8 Pintura que retrata o sábio grego Aristóteles, que viveu no século IV a.C.

REPRODUÇÃO PROIBIDA

A classificação tradicional, cujas bases foram estabelecidas por Lineu no século XVIII, passa atualmente por grandes mudanças devido a novas técnicas de estudo e novas ideias sobre como e por que classificar os seres vivos. O objetivo da classificação moderna é ser o mais "natural" possível, ou seja, refletir o grau de parentesco evolutivo entre as espécies.

A classificação de Lineu

Como seus antecessores, Lineu agrupou os seres vivos de acordo com as semelhanças que eles apresentavam. Sua grande inovação, entretanto, foi a escolha criteriosa das características levadas em conta em sua classificação (Fig. 9).

Na opinião de Lineu, certos critérios utilizados em sistemas de classificação anteriores eram inadequados. O hábitat dos organismos, por exemplo, empregado por antigos gregos na classificação, não deveria ser utilizado como critério importante na classificação biológica, uma vez que poderia reunir em um mesmo grupo seres tão distintos como peixes, baleias, estrelas-do-mar, camarões e ostras, se considerarmos o hábitat marinho. Lineu concluiu que o mais adequado seria agrupar os seres vivos com base em características estruturais e anatômicas.

Para ele o agrupamento mais básico da classificação era a espécie, definida como um grupo de indivíduos dotados de características estruturais típicas, ausentes em outros grupos. Um agrupamento desse tipo é chamado de **táxon** (do grego *táxis*, arranjo). Daí vem o termo **taxonomia**, que se refere a classificação. Quando certas espécies apresentavam semelhanças consideradas relevantes, Lineu as reunia em um grupo mais abrangente, o **gênero**. Por exemplo, todas as espécies de animais com características semelhantes às dos cães (lobos, coiotes, chacais etc.) são reunidas no mesmo táxon, o gênero *Canis*.

Seguindo a linha de estabelecer táxons cada vez mais abrangentes, Lineu reuniu gêneros semelhantes em uma categoria maior, a **ordem**. Por exemplo, cães, lobos, ursos, onças, gatos e diversos outros animais fazem partem da ordem do carnívoros (Carnivora). Ordens semelhantes eram reunidas em uma categoria ainda mais abrangente, a **classe**. Por exemplo, todos os carnívoros, além de animais como porcos, cavalos, elefantes e baleias, entre outros, estão reunidos na classe dos mamíferos (Mammalia), animais que mamam na fase jovem. Classes semelhantes eram reunidas em um **reino**; por exemplo, o reino dos animais (Animalia) reúne todos os animais mencionados anteriormente, além de muitos outros (Fig. 10).

Reino | Filo | Classe | Ordem | Família | Tribo | Gênero | Espécie

Figura 10 Divisões das categorias – táxons – utilizadas na classificação tradicional. Os táxons considerados principais podem ser subdivididos em táxons menores.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

O pensador grego Aristóteles, além da Filosofia, foi pioneiro em diversas outras áreas do conhecimento, entre elas as relacionadas à natureza e aos seres vivos. Nossa proposta é que você pesquise e conheça melhor os pensamentos de Aristóteles. Converse com seus professores de Filosofia e História e encontre referências sobre o sábio grego em *sites* confiáveis da internet. Escreva um pequeno texto sobre o que achou de mais interessante em suas pesquisas e debata com seus colegas: é possível identificar influências do trabalho de Aristóteles na Ciência ou no conhecimento popular atual?

GRANGER/GLOW IMAGES

Figura 9 Retrato do naturalista Carl von Linné. Na época, Lineu assinava seus trabalhos como Carolus Linnaeus, em latim. A nomenclatura binomial inventada por Lineu é utilizada até hoje.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Nesta atividade, sua primeira tarefa é pesquisar em *sites* confiáveis da internet sobre as plantas medicinais conhecidas pelo nome popular de boldo. Pesquise itens como os nomes científicos das plantas, famílias botânicas e supostas propriedades terapêuticas do boldo. Como já havíamos sugerido na abertura do capítulo, converse com pessoas próximas para obter opiniões a respeito. Se conhecer algum profissional de saúde, como um médico, um farmacêutico ou mesmo um ervanista (leigo especializado em ervas), procure saber o que eles acham dos chás de boldo.

Forme um grupo com colegas depois de obter dados e amadurecer opiniões sobre o tema. O desafio do grupo é responder às seguintes questões:

a) Há mais de um tipo de boldo? No caso de haver mais de um, a que famílias, gêneros e espécies eles pertencem? E o que dizer de seus efeitos supostamente terapêuticos, são os mesmos?

b) Se você fosse encarregado de pesquisar cientificamente os chás de boldo e descobrir se eles realmente funcionam, como procederia? Por exemplo, ao analisar os efeitos dos chás de boldo sobre um grupo de pessoas voluntárias ao teste, como você elegeria o grupo de controle experimental, importante para os procedimentos científicos? Tente imaginar como seria aferida a resposta à hipótese testada: o boldo funciona como agente terapêutico em problemas digestivos?

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

MODERNA

A nomenclatura binomial

Um dos principais méritos de Lineu foi associar à classificação biológica um sistema eficiente de nomenclatura. O nome científico de todo ser vivo, para Lineu, devia ser composto de duas palavras, a primeira referente ao gênero e a segunda referente à espécie do organismo. Por atribuir dois nomes a cada espécie viva, o sistema de Lineu ficou conhecido como **nomenclatura binomial**, utilizada até hoje.

Uma das regras da nomenclatura binomial de Lineu é que os nomes científicos sejam sempre escritos em latim ou em uma forma latinizada. A primeira letra do gênero deve ser sempre maiúscula e a da espécie, sempre minúscula. Além disso o nome científico deve ser destacado no texto em que aparece, por exemplo em itálico ou sublinhado. Confira esses critérios nos nomes científicos mencionados no livro.

A nomenclatura científica é rigorosa porque parte do princípio de que regras bem estabelecidas facilitam a comunicação entre os cientistas e mesmo entre os não cientistas. Os nomes populares dos seres vivos variam nos diversos idiomas e até mesmo em diferentes regiões de um país, enquanto o nome científico é único: ele designa apenas uma espécie catalogada e descrita detalhadamente pelos taxonomistas, o que evita confusões. Veja um exemplo disso acompanhando as imagens dos pássaros e a legenda da figura 11.

SANTIAGO GRANGETTO/EYEEM/GETTY IMAGES

FABIO COLOMBINI

500PX PLUS/GETTY IMAGES

Figura 11 Pássaros do gênero *Paroaria*. (A) A espécie *P. coronata* mede cerca de 18 cm e recebe o nome popular de cardeal na Região Sul do Brasil e de galo-da-campina na região do Pantanal Mato-Grossense. (B) A espécie *P. capitata*, que mede cerca de 16 cm, é conhecida popularmente como cardeal no Pantanal Mato-Grossense. (C) A espécie *P. dominicana*, com cerca de 17 centímetros, recebe o nome popular de galo-da-campina na Região Nordeste. Isso mostra a possibilidade de confusão entre os nomes populares e a vantagem de utilizar a nomenclatura científica.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. Qual das alternativas traz grafado corretamente o nome científico de uma espécie de ser vivo?
1. d

a) Canis Familiaris
b) Homo pp.
c) solanum tuberosum
d) *Zea mays*

2. Dois organismos que pertencem à mesma ordem pertencem necessariamente a qual outro táxon?
2. a

a) Classe.
b) Família.
c) Gênero.
d) Espécie.

Sistemática moderna e evolucionismo

A classificação biológica faz parte de um ramo de estudo mais amplo, a **Sistemática**, cujos principais objetivos são:

- compreender os processos responsáveis pela existência da biodiversidade, o que também é um objetivo do ramo da Biologia conhecido como Evolução;
- estabelecer critérios para organizar a biodiversidade, facilitando sua compreensão;
- catalogar a diversidade biológica, desenvolvendo descrições completas e guias de identificação das características típicas de cada espécie, além de atribuir a cada uma um nome científico. Atualmente, define-se uma espécie como um grupo de organismos geralmente semelhantes e capazes de cruzar entre si, produzindo descendentes férteis.

A tendência atual da Sistemática é classificar os organismos com base nas relações de parentesco evolutivo entre eles. Segundo o evolucionismo, todas as formas de vida são parentes em algum grau, pois necessariamente tiveram ancestrais comuns. Um dos maiores desafios da Sistemática é escolher características morfológicas, funcionais ou moleculares que sejam relevantes para classificar os organismos de modo a refletir seu parentesco evolutivo.

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

MODELO

Os cientistas partem do pressuposto de que espécies atuais que compartilham aspectos semelhantes provavelmente os herdaram de um ancestral comum, que viveu no passado. Para os cientistas, um aspecto importante a ser considerado é o desenvolvimento embrionário. Diversas estruturas corporais que se desenvolvem de modo semelhante em embriões de diferentes espécies permitem inferir seu grau de parentesco (Fig. 12).

Entretanto, nem sempre características semelhantes significam grau de parentesco evolutivo próximo. Por exemplo, asas são estruturas adaptadas ao voo e apresentam uma superfície ampla, possibilitando a sustentação no ar. Esse princípio estrutural está presente tanto nas asas dos insetos quanto nas asas das aves, embora tais órgãos tenham origens embrionárias totalmente distintas nesses grupos de animais.

Em seu livro *A origem das espécies*, de 1859, Darwin observou que o diagrama que representa relações de parentesco evolutivo entre espécies se assemelham às árvores genealógicas que expressam as relações de parentesco em uma família. Por analogia, Darwin denominou essas "árvores evolutivas" de **árvores filogenéticas**, ou **filogenias** (do grego *phylon*, grupo, e *genesis*, origem) (Fig. 13).

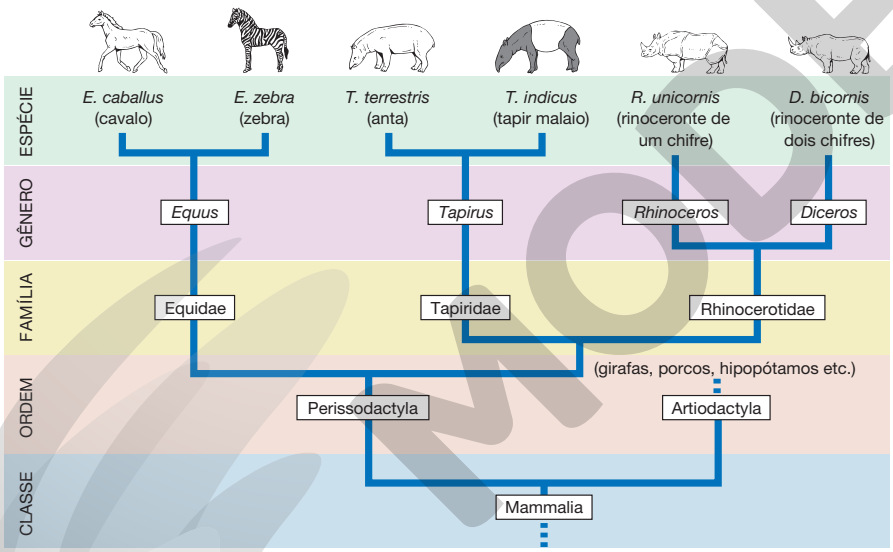
DANNY LAWSON/PA IMAGES/GETTY IMAGES

RUDMER ZWERVER/ ALAMY/FOTOARENA

Figura 12 As nadadeiras de uma foca (foca cinzenta – *Halichoerus grypus* –, que chega a medir 2,2 m de comprimento) e as asas de um morcego (morcego-orelhudo-cinzento – *Plecotus austriacus* –, que tem cerca de 40 cm de envergadura), embora desempenhem funções diferentes, têm origem embrionária semelhante, sendo por isso denominadas estruturas homólogas. As homologias sinalizam relações de parentesco evolutivo.

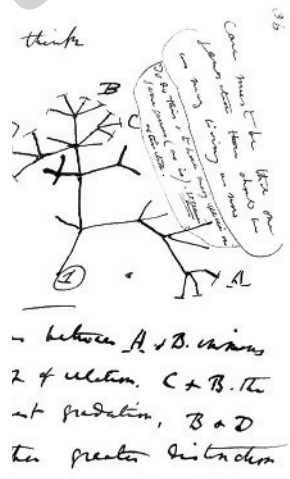
Árvores filogenéticas

Em uma árvore filogenética, a divisão de um ramo em dois indica que uma espécie ancestral deu origem a duas novas espécies. Cada espécie atual representa a extremidade de um ramo da árvore filogenética; se "descermos" por um ramo dessa árvore, encontraremos o ponto em que ele se une a outro ramo – um nó – que indica o ancestral mais recente que duas espécies têm em comum (Fig. 14).



ADILSON SECCO

Figura 14 Relações de parentesco e classificação de alguns animais da ordem Perissodactyla, uma das muitas ordens incluídas na classe dos mamíferos (Mammalia). Os dados são baseados no *site* Tree of life, disponível em: <http://tolweb.org/Eutheria/15997>. Acesso em: abr. 2020. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)



BILWISSEDITION/GLOW IMAGES

Figura 13 Cópia das anotações originais de Charles Darwin, de 1837, sobre as árvores evolutivas, ou filogenias.

A classificação segundo a cladística

No começo dos anos 1950, o entomologista alemão Willi Hennig (1913-1976) desenvolveu um novo método para classificar as espécies biológicas, que ficou conhecido como **cladística**. Em lugar das categorias tradicionais como classes, ordens etc., os cladistas propõem que se utilize apenas o termo **clado**, ou **clade**, para designar um grupo de espécies que tiveram uma espécie ancestral comum. Para os cladistas, vários grupos da classificação tradicional deveriam ser revistos, pois não atendem ao critério de haver um ancestral comum exclusivo entre as espécies agrupadas.

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

MODELO

A cladística representa suas hipóteses de parentesco evolutivo por meio de **cladogramas**, esquemas gráficos que, embora sejam semelhantes às árvores filogenéticas, são construídos segundo os princípios da cladística. Um desses princípios é que as espécies sempre surgem por meio da **cladogênese**, processo evolutivo em que uma espécie ancestral origina duas novas espécies. Cada nó do cladograma, portanto, representa a origem de dois novos ramos de organismos (Fig. 15).

A classificação com base na cladística traz mudanças significativas nas árvores filogenéticas construídas pelos métodos tradicionais. Por exemplo, na classificação tradicional, mamíferos, aves e répteis formam três classes distintas. Para a cladística, porém, as aves e os répteis deveriam ser reunidos no mesmo grupo. Um dos argumentos utilizados pelos cladistas é que a presença de penas, atualmente restrita às aves, não é uma característica exclusiva delas, ocorrendo também em grupos primitivos extintos com características típicas de répteis (Fig. 16).

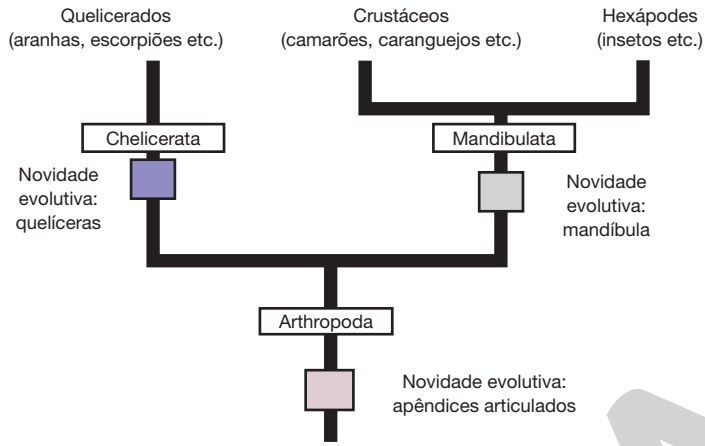
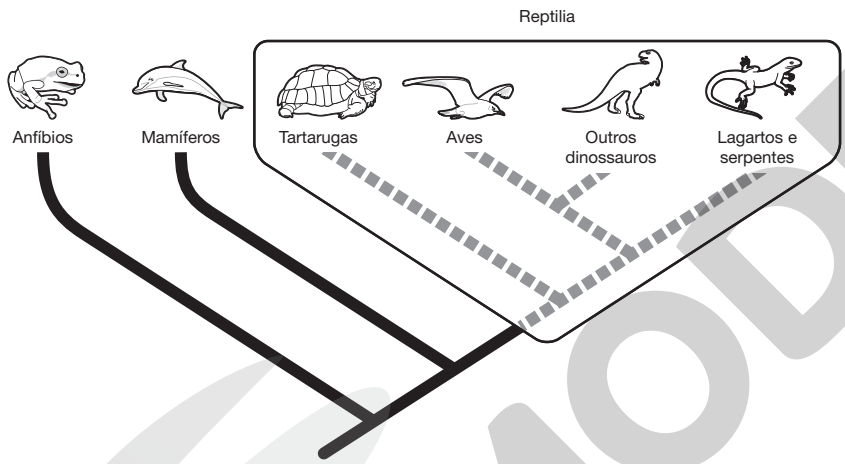


Figura 15 Exemplo de cladograma que focaliza a diversificação que teria ocorrido nos artrópodes, grupo que reúne aranhas, escorpiões, camarões, caranguejos e todos os grupos de insetos.

Fonte: adaptada de HICKMAN JR., C. P. *et al. Princípios integrados de zoologia.* 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 16 Para a cladística, aves e répteis deveriam ser reunidos em um mesmo grupo – clado –, que também incluiria os dinossauros e outros répteis já extintos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de HICKMAN JR., C. P. *et al. Princípios integrados de zoologia*. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Principais grupos de seres vivos

Inicialmente os seres vivos foram classificados em apenas dois reinos: Animal e Vegetal. No século XIX, porém, o naturalista alemão Ernst Haeckel (1834-1919) propôs a criação de um terceiro reino – Protista – para abrigar organismos que não se enquadravam perfeitamente nas definições nem de animal nem de vegetal. Esse era o caso das algas, antes classificadas como vegetais, e dos protozoários, antes classificados como animais.

Na primeira metade do século XX, o biólogo francês Edouard Chatton (1883-1947) sugeriu que as bactérias, antigamente consideradas plantas e depois protistas, passassem a constituir um reino exclusivo, denominado Monera. Assim, nessa época eram considerados quatro reinos: Animal, Vegetal, Protista e Monera.

Na década de 1960, o biólogo estadunidense Robert H. Whittaker (1920-1980) sugeriu que os fungos fossem retirados do reino Protista e alocados em um reino próprio, Fungi, elevando assim o número de reinos para cinco.

Na década de 1980, as biólogas estadunidenses Lynn Margulis (1938-2011) e Karlene Schwartz (1936) sugeriram a mudança do nome Protista para Protoctista, passando a incluir todas as algas, tanto as macroscópicas (antigamente classificadas como plantas) quanto as microscópicas, além dos protozoários, todos eles de dimensões microscópicas.

Em 1990, o biofísico estadunidense Carl Woese (1928-2012) propôs, com base em características de semelhança molecular, a divisão dos seres vivos em três grandes domínios, mais abrangentes do que reinos: Bacteria, Archaea e Eukarya.

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

MODERNA

Estudos detalhados da genética e do metabolismo de bactérias e de arqueas mostraram que, apesar de as duas serem unicelulares e procarióticas, elas são organismos muito diferentes entre si, o que levou à sua colocação em domínios distintos, Bacteria e Archaea. O domínio Eukarya compreenderia todos os seres eucarióticos, cujas células apresentam núcleo envolvido pela carioteca. Pertencem a esse domínio: protozoários, algas, fungos, plantas e animais.

Nesta obra adotamos a divisão dos seres vivos em seis grandes grupos: Bacteria, Archaea, Protoctista, Fungi, Plantae e Animalia (Fig. 17). É importante lembrar que ainda há muitas mudanças ocorrendo na área da taxonomia. Para o estudante deste livro, o mais importante é conhecer as principais categorias de seres vivos e as características que levam a incluí-los em um ou em outro reino.

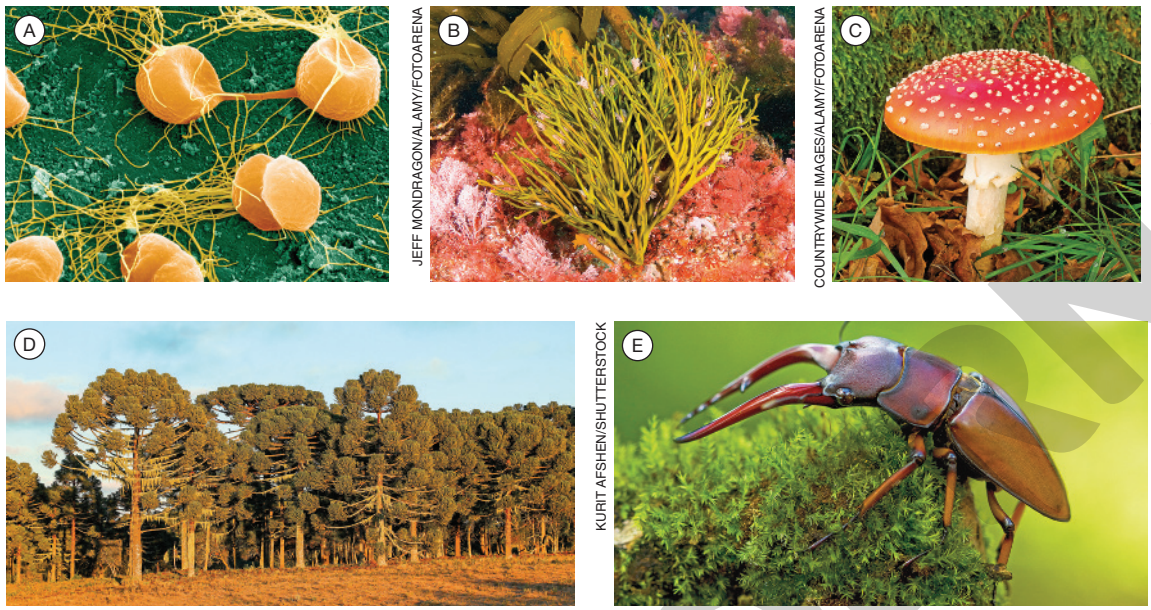


Figura 17 (A) Fotomicrografia de *Pyrococcus furiosus*, do grupo das arqueas (Archaea). (Microscópio eletrônico; aumento de ≃ 10000×; cores artificiais.) (B) Alga macroscópica do gênero *Codium*; algumas espécies desse gênero podem ultrapassar 30 cm de altura. (C) Cogumelo da espécie *Amanita muscaria*, que pode medir mais de 10 cm de altura. (D) Mata de pinheiros-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), que pode ultrapassar 35 m de altura. (E) Inseto escaravelho (*Prosopocoilus astacoides*), que pode atingir 7 cm de comprimento.

Os vírus: vivos ou não vivos?

Os vírus são seres visíveis apenas em microscópios eletrônicos. Seu tamanho varia entre 20 e 300 nm, sendo os menores seres biológicos conhecidos. Há diversos tipos de vírus causadores de doenças humanas, como o sarampo, a raiva, a gripe e os diversos tipos de síndromes respiratórias (Fig. 18).

Os vírus não são constituídos por células, sendo, nesse quesito, uma exceção entre todos os seres vivos. Vírus são constituídos por uma ou poucas moléculas de ácido nucleico, que pode ser o DNA ou o RNA, envoltas por um revestimento de moléculas de proteínas e, em alguns vírus, de lipídios.

Embora não sejam células, todos os vírus são parasitas intracelulares, isto é, dependem de células para se reproduzir. Quando um vírus injeta seu material genético na célula hospedeira, as instruções genéticas virais são utilizadas para "tomar o poder" da célula, que muitas vezes passa a funcionar exclusivamente para produzir novos vírus. Quando estão fora de uma célula hospedeira, os vírus são completamente inertes e não se reproduzem.

Alguns estudiosos não consideram os vírus seres vivos porque eles são acelulares, ou seja, não são constituídos por células. Por outro lado, os vírus apresentam proteínas e material genético semelhantes aos de outros seres vivos, que sofrem mutações, se adaptam e evoluem, além de dependerem de células vivas para se reproduzir. Por esses motivos os vírus não são classificados em nenhum dos seis grandes grupos apresentados anteriormente.

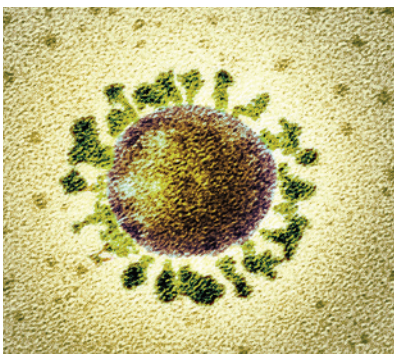


Figura 18 O novo coronavírus (SARS-CoV-2) foi responsável por uma pandemia em 2020. O vírus pode medir até 200 nm. (Microscópio eletrônico; aumento de 72.000×; cores meramente ilustrativas.)

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

MODERNA

Atividades finais

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor

Registre as respostas em seu caderno.

1. (Uece) A identificação dos organismos vivos constitui uma etapa do trabalho de classificação, sendo a nomenclatura responsável pela atribuição de nomes científicos a esses organismos. Na nomenclatura binomial, o primeiro nome e o segundo nome de uma espécie sempre indicam, respectivamente,

1. b.

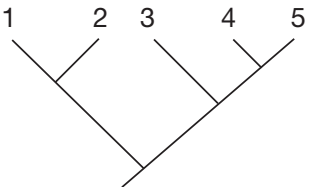
a) o gênero e a família aos quais o organismo pertence.

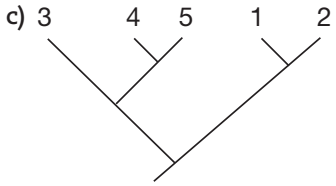
b) o gênero e a espécie aos quais o organismo pertence.

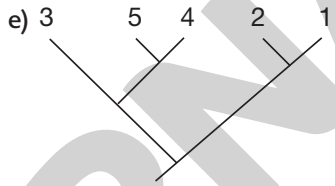
c) a espécie e o gênero aos quais o organismo pertence.

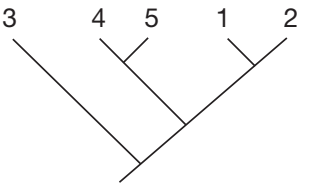
d) a espécie e o filo aos quais o organismo pertence.

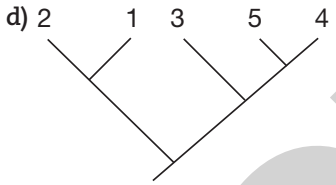
2. (UFRGS-RS) Os cinco cladogramas das alternativas ilustram relações filogenéticas entre os táxons hipotéticos 1, 2, 3, 4 e 5. Quatro desses cladogramas apresentam uma mesma hipótese filogenética. Qual a alternativa que contém o cladograma que apresenta hipótese filogenética diferente das demais? 2. b

a) 

c) 

e) 

b) 

d) 

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

3. A atividade científica é uma característica tipicamente humana, que nasce do desejo e da necessidade de compreender e ordenar a diversidade que nos rodeia. Um aspecto fundamental à ciência é a classificação dos objetos e processos da natureza. Exemplos da importância da classificação e de uma linguagem própria à atividade científica são as contribuições de Carolus Linnaeus (Lineu), na Biologia, e de Antoine Lavoisier, na Química. Em 1735 Lineu publicou a obra *Systema Naturae*, que lançou as bases da classificação biológica moderna e da nomenclatura binomial das espécies de seres vivos. Na Química, os trabalhos de Lavoisier nas duas últimas décadas do século XVIII foram fundamentais na introdução de uma nova classificação e nomenclatura das substâncias e de novos métodos na experimentação. Após essa fundamentação, execute as propostas desta atividade.

a) A primeira proposta é que você pesquise e conheça melhor aspectos da vida e da formação dos dois cientistas mencionados no texto: Carolus Linnaeus (Lineu) e Antoine Lavoisier.

b) Compare a nomenclatura binomial, que a Biologia utiliza para a denominação das espécies, com a nomenclatura utilizada pela Química para as substâncias. Há semelhança entre elas? Em caso afirmativo, quais são?

c) Em 1961 o bibliotecário inglês James Duff Brown definiu classificação como "a reunião de objetos ou seres com características semelhantes e a separação das não afins". Pode-se dizer, no entanto, que a eficiência de uma classificação depende dos critérios que utilizamos para agrupar os objetos. Pense nos itens em um supermercado: que critérios são utilizados na classificação dos produtos oferecidos? Em sua opinião, se os produtos fossem classificados por ordem alfabética, seria mais adequado para os clientes?

d) A classificação biológica cladística pretende agrupar os seres vivos com base em suas supostas relações evolutivas. Qual é o maior desafio dessa proposta? Escreva um texto curto sobre as vantagens e desvantagens desse tipo de classificação. Em sua opinião, por que esse tipo de problema não seria pertinente aos domínios de uma classificação química? Explique brevemente.

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

MODERNA

CAPÍTULO 6

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOVIMENTOS

VIKTORIIA HNATIUK/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

"Art. 28. O condutor deverá, a todo momento, ter domínio de seu veículo, dirigindo-o com atenção e cuidados indispensáveis à segurança do trânsito."

BRASIL. *Código de Trânsito Brasileiro – CTB*. Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997.

Apesar das orientações do artigo 28 do Código de Trânsito Brasileiro, imprevistos podem ocorrer quando trafegamos pelas ruas, avenidas e estradas, então o motorista deve ficar o tempo todo atento a pessoas que atravessam fora da faixa de pedestres, a crianças que, ao brincar, podem invadir a via, ou, no caso de uma estrada, a animais que podem cruzar a pista repentinamente.

A primeira reação do condutor ao se deparar com um imprevisto é pisar no freio para parar o veículo imediatamente. Porém, há um intervalo de tempo entre a percepção do acontecimento e a ação de pisar no freio, sendo esse intervalo de tempo decorrente do fato de o cérebro receber uma mensagem, geralmente enviada por meio dos olhos, processá-la e, em seguida, enviar uma ordem para iniciar a ação, que, nesse caso, é pisar no pedal do freio. Esse intervalo de tempo é chamado de **tempo de reação** ao volante.

O tempo de reação de um adulto varia de 0,2 a 0,4 segundo. Porém, em média, podemos considerar que o tempo efetivo para que o motorista acione os freios é de aproximadamente 1 segundo, chamado de **tempo de pré-frenagem**, pois, além do tempo de reação, devemos acrescentar de 0,2 a 0,3 segundo ao tempo que o motorista leva para colocar o pé no freio e ativar a resposta do sistema hidráulico (0,3 a 0,4 segundo) para que a frenagem seja realmente efetivada. A ingestão de bebidas alcoólicas ou de entorpecentes pelo condutor, suas condições físicas e psicológicas, além de condições climáticas específicas, são fatores que aumentam perigosamente esse tempo de reação, o que pode ocasionar um acidente grave.

O limite de velocidade nas vias públicas também é fundamental para evitar ou minimizar os danos causados por um acidente e é determinado por estudos realizados por engenheiros de tráfego. Com o objetivo de otimizar esse trabalho, esses profissionais podem, por exemplo,

De olho na BNCC:

- EM13CNT201
- EM13CNT204
- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT306
- EM13LGG701
- EM13MAT103
- EM13MAT302
- EM13MAT314
- EM13MAT401
- EM13MAT501
- EM13MAT510

MODERNA

utilizar o método científico para avaliar, planejar e operacionalizar o controle de tráfego, a fim de garantir um menor número de acidentes ou a redução do dano causado em uma eventual colisão. Além disso, esse controle pode incentivar um sistema de mobilidade sustentável e socialmente inclusivo.

Para se ter uma ideia de como a limitação de velocidade em determinadas regiões é importante, nas proximidades das escolas a velocidade máxima é de 30 km/h. Se um motorista que trafega na velocidade máxima permitida nessa via avista uma pessoa atravessando fora da faixa de pedestres, do momento da visualização da pessoa até o momento em que os freios sejam acionados, o veículo já terá percorrido aproximadamente 8,3 metros. A partir daí, até o veículo parar completamente, considerando uma desaceleração de módulo constante e igual a 8,0 m/s^2, o veículo terá percorrido mais 4,3 metros. Portanto, no total, desde a visualização do imprevisto até a parada total do veículo terão sido percorridos 12,6 metros.

Para compreender como foram feitos os cálculos de tempo, distância e velocidade descritos na situação anterior e em outras situações envolvendo movimento, neste capítulo vamos iniciar o estudo da **Cinemática**, ramo que descreve o movimento dos corpos e como eles podem ser analisados por meio de funções matemáticas.

1. Espaço, referencial, velocidade e aceleração

No estudo dos movimentos, qualquer corpo, como uma bola, uma pessoa, um carro, um avião, ou mesmo o Sol ou a Lua, é denominado **móvel**.

GRADYREESE/E+/GETTY IMAGES

Figura 1 A trajetória corresponde ao caminho seguido pelo móvel durante seu movimento.

Espaço

Para descrever um movimento, precisamos conhecer a posição do móvel em cada instante.

De modo geral, chamamos de **trajetória** de um móvel a linha que liga os pontos consecutivos por onde o móvel passa durante seu movimento (Fig. 1).

Podemos determinar a posição P de um móvel, em cada instante t, ao longo da trajetória que ele descreve, adotando um ponto O como origem e orientando a trajetória. Uma ponta de seta indica o sentido em que a trajetória foi orientada.

O **espaço** s do móvel, no instante t, é a medida algébrica do arco de trajetória $\overset{\frown}{OP}$ (Fig. 2).

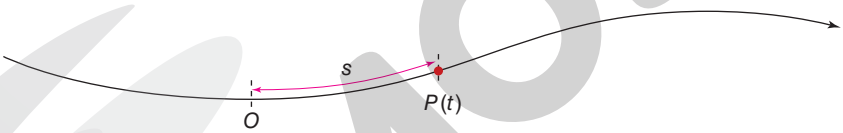


Figura 2 A cada instante t corresponde um espaço s.

Dizemos medida algébrica porque ela apresenta um sinal, positivo ou negativo, de acordo com a posição do móvel em relação à origem (Fig. 3). Observe que, para a origem O, temos $s = 0$.

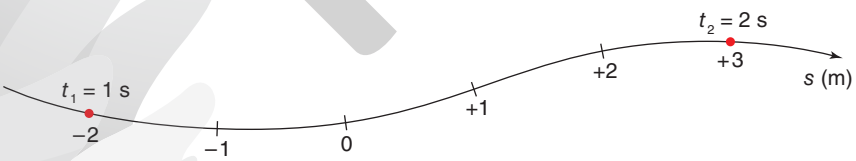


Figura 3 No instante $t_1 = 1$ s, o espaço do móvel é $s_1 = -2$ m, e, no instante $t_2 = 2$ s, é $s_2 = +3$ m.

Variação de espaço

Sejam s_1 o espaço de um móvel em um instante t_1 e s_2 o espaço em um instante posterior t_2. Vamos representar por $\Delta s = s_2 - s_1$ a **variação de espaço** ocorrida no intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ (Fig. 4).

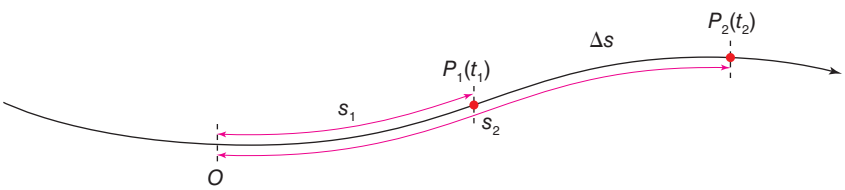


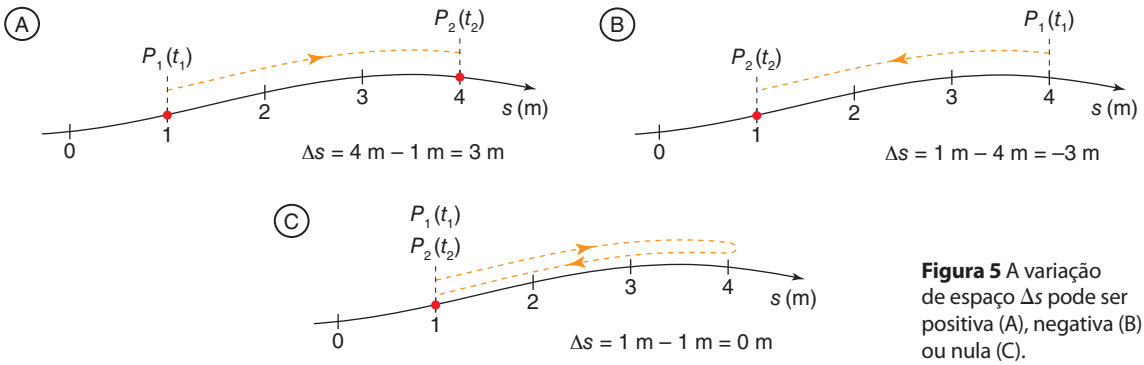
Figura 4 Representação da variação de espaço Δs. A letra grega delta maiúscula, Δ, é usada para indicar a diferença entre os valores final e inicial de determinada grandeza.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

A variação de espaço **Δs** é também denominada **deslocamento escalar** e pode ser positiva, negativa ou nula, conforme o espaço s_2 seja maior, menor ou igual a s_1 (Fig. 5).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 5 A variação de espaço Δs pode ser positiva (A), negativa (B) ou nula (C).

Quando um móvel se desloca sempre no mesmo sentido e no sentido de orientação da trajetória, a variação de espaço é igual à distância que o móvel percorre ao longo da trajetória.

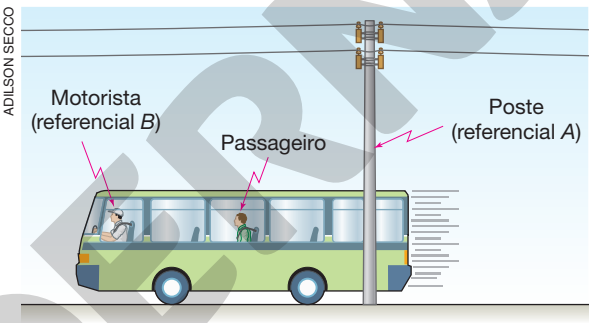
Referencial

O corpo em relação ao qual analisamos se um móvel está em repouso ou em movimento recebe o nome de **referencial**. O referencial pode ser qualquer corpo: um carro, uma casa, o solo, o planeta Terra, a Lua, o Sol, entre outros.

Dizemos que um corpo está em **movimento** em relação a determinado referencial quando sua posição em relação a esse referencial varia com o passar do tempo. Dizemos que um corpo está em **repouso** em relação a determinado referencial quando sua posição em relação a esse referencial não varia com o passar do tempo.

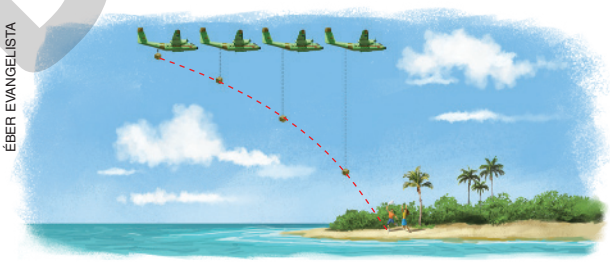
Imagine que você está sentado em uma poltrona dentro de um ônibus que trafega por uma rua. Em relação a um poste da rua (referencial *A*), você estará em movimento. Entretanto, em relação ao motorista do ônibus (referencial *B*), você estará em repouso (Fig. 6).

Note que a forma da trajetória de um móvel durante seu movimento também depende do referencial adotado. Ao ser abandonado de um avião que voa horizontalmente, um corpo cai ao mesmo tempo que avança também horizontalmente. Para um referencial fixo no chão, a trajetória do corpo será curvilínea; para o piloto do avião, a trajetória será uma linha reta vertical (Fig. 7).



ADILSON SECCO

Figura 6 O estado de repouso ou de movimento do passageiro depende do referencial adotado.



ÉBER EVANGELISTA

Figura 7 A forma da trajetória de um móvel depende do referencial adotado.

Velocidade

No estudo dos movimentos é preciso considerar a rapidez com que um móvel sofre uma mudança de posição. Caracterizada por uma variação de espaço Δs que ocorre em um intervalo de tempo Δt, a rapidez é definida como uma grandeza física denominada **velocidade escalar média**, representada por v_m e dada por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

No SI, a unidade de medida da velocidade escalar média é o **metro por segundo** (**m/s**), mas, na prática, é bastante comum medi-la em **quilômetro por hora** (**km/h**).

Note que:

$$1\,\frac{km}{h} = 1 \cdot \frac{1.000\ m}{3.600\ s} \Rightarrow 1\,\frac{km}{h} = \frac{1}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \Rightarrow 1\,\frac{m}{s} = 3{,}6\,\frac{km}{h}$$

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

MODERNA

Assim, para converter m/s em km/h, basta multiplicar o valor da velocidade por 3,6.

Por exemplo: $10\ \frac{m}{s} = 10 \cdot 3{,}6\ \frac{km}{h} = 36\ \frac{km}{h}$

Para converter km/h em m/s, devemos dividir o valor da velocidade por 3,6 (Fig. 8).

Veja no exemplo a seguir como calcular a velocidade escalar média.

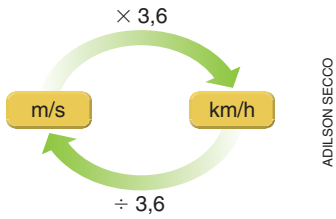


Figura 8 Conversão entre unidades de velocidade.

Uma ciclista parte da cidade *A* às 9 h 30 min e chega à cidade *B*, distante 72 km de *A*, às 13 h 30 min. Determine a velocidade escalar média dessa ciclista na viagem de *A* até *B*, em km/h e em m/s.

Resolução:

Inicialmente, vamos determinar a duração da viagem (Δt). O intervalo de tempo Δt é dado pela diferença entre o instante de chegada à cidade *B* e o instante de partida da cidade *A*. Então:

$\Delta t = 13\text{ h }30\text{ min} - 9\text{ h }30\text{ min} \Rightarrow \Delta t = 4\text{ h}$

A variação de espaço Δs da ciclista na viagem de *A* até *B* corresponde à distância entre as cidades *A* e *B*; assim, $\Delta s = 72$ km. Portanto:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{72\text{ km}}{4\text{ h}} \Rightarrow v_m = 18\text{ km/h}$$

Sabendo que 1 m/s = 3,6 km/h ou, ainda, que $1\text{ km/h} = \frac{1}{3{,}6}$ m/s, temos:

$$v_m = 18\text{ km/h} = 18 \cdot \frac{1}{3{,}6}\text{ m/s} \Rightarrow v_m = 5\text{ m/s}$$

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Em algumas cidades, há ruas e avenidas nas quais os semáforos foram ajustados para criar a chamada "onda verde" quando os veículos trafegarem a certa velocidade média v_m.

Para fazer esse ajuste, o engenheiro de tráfego precisa conhecer apenas a distância entre dois semáforos consecutivos, Δs. Com esses dados, o engenheiro pode calcular, então, o intervalo de tempo $\Delta t = \frac{\Delta s}{v_m}$ entre o instante em que a luz verde do primeiro semáforo se acende e o instante em que a luz verde do seguinte deverá se acender. A velocidade média usada no cálculo é aquela com que qualquer veículo que trafegue pela via deverá se deslocar para encontrar sempre semáforos abertos.

Para esse sistema de tráfego, não importa como o motorista vai trafegar entre dois semáforos – se rapidamente no início do trecho e depois mais lentamente, ou se vai manter uma velocidade constante no trecho todo –, contanto que trafegue com dada velocidade média v_m.

Os semáforos, quando sincronizados, dão ao trânsito maior fluidez. Cite três situações que decorrem da falta de sincronismo dos semáforos de uma via. Em grupo, pesquise se em sua cidade há semáforos sincronizados. Como a existência de semáforos desse tipo ajudaria ou ajuda na fluidez do trânsito?

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Ao dar início ao estudo de Cinemática, um professor afirmou que a forma da trajetória depende do referencial adotado. Para mostrar esse fato, propôs aos estudantes a seguinte situação:

Um trem desloca-se em linha reta e com velocidade constante. Uma pessoa que viaja no trem joga uma bolinha verticalmente para cima. A bolinha sobe, desce e volta para a mão do passageiro.

Em seguida, o professor pediu aos estudantes que descrevessem a forma da trajetória da bolinha em relação ao passageiro e em relação a um observador parado fora do trem. Como você as descreveria?

2. Um motociclista vai de João Pessoa (PB) a Cabedelo (PB) para apreciar o pôr do sol na Lagoa do Jacaré ao som do bolero de Ravel.

A moto desenvolve velocidade escalar média de 50 km/h até a metade do percurso e de 75 km/h na metade seguinte. Qual é a velocidade escalar média desenvolvida pela moto de João Pessoa a Cabedelo?

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

Aceleração

Durante uma viagem de automóvel, o velocímetro pode indicar diferentes velocidades.

O velocímetro mostra a velocidade do móvel no instante em que é observado. Essa velocidade é denominada **velocidade escalar instantânea** e é representada por ***v***.

A unidade de medida da velocidade escalar instantânea no SI, assim como a da velocidade escalar média, é o m/s.

A **aceleração** indica a rapidez com que ocorre determinada variação na velocidade escalar instantânea de um móvel. É muito comum dizer que um corpo que se movimenta com velocidade variável tem aceleração.

Seja Δv a variação da velocidade escalar de um móvel em um intervalo de tempo Δt. A **aceleração escalar média**, que representaremos por α_m, é, por definição, dada por:

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Por exemplo: no caso de um carro que acelera de 0 a 80 km/h em um intervalo de tempo de 10 s, a aceleração escalar média desse carro será igual a:

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha_m = \frac{80 \text{ km/h}}{10 \text{ s}} \Rightarrow \alpha_m = \frac{8 \text{ km/h}}{\text{s}}$$

Podemos interpretar a aceleração escalar dizendo que, em média, a velocidade instantânea do carro está variando de 8 km/h a cada 1 segundo, durante essa arrancada: $v = 0$ (no instante $t = 0$), $v = 8$ km/h (para $t = 1$ s), $v = 16$ km/h (para $t = 2$ s), $v = 24$ km/h (para $t = 3$ s), e assim por diante.

A indicação do velocímetro de um veículo mostra o **módulo** da velocidade escalar instantânea do veículo. Portanto, quando o velocímetro indicar valores crescentes de velocidade em dado intervalo de tempo, como no exemplo anterior, dizemos que o móvel realiza um **movimento acelerado** e está se movimentando cada vez mais rapidamente (Fig. 9).

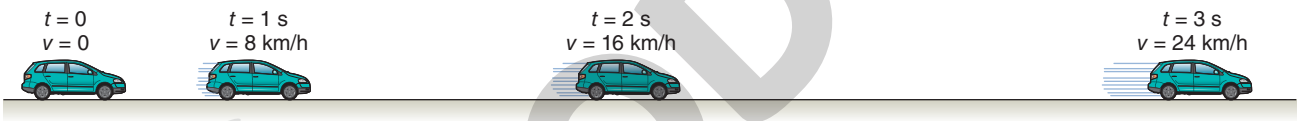


Figura 9 Automóvel em movimento acelerado.

Se o velocímetro indicar valores decrescentes em dado intervalo de tempo (por exemplo, 50 km/h, 45 km/h, 40 km/h), dizemos que o veículo realiza um **movimento retardado** e está se deslocando cada vez mais lentamente.

A **aceleração escalar** de um móvel, em dado instante, é denominada aceleração escalar instantânea e é indicada por α.

No SI, a unidade de medida da aceleração escalar média e da aceleração escalar instantânea é o **metro por segundo ao quadrado** $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

3. Uma bola chega às mãos de um goleiro com velocidade de 54 km/h. Sabendo que o goleiro consegue imobilizar essa bola em 0,5 s, determine, em m/s^2, o módulo da aceleração escalar média da bola.

4. Um carro e uma moto estão parados em um cruzamento. Assim que a luz verde do semáforo se acende, os veículos partem. Após 4 s, o carro atinge a velocidade escalar de 30 km/h, e a moto, a velocidade escalar de 45 km/h. Quantas vezes a aceleração escalar da moto é maior do que a do carro no intervalo de tempo considerado?

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

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

MODERNA

Estudo do movimento uniforme (MU) e do movimento uniformemente variado (MUV)

Movimento uniforme (MU)

O **movimento uniforme** (**MU**) é aquele no qual o móvel sofre iguais variações de espaço em iguais intervalos de tempo (Fig. 10). Assim, no MU, a velocidade escalar média é a mesma em qualquer intervalo de tempo e, portanto, é igual à velocidade escalar em qualquer instante.

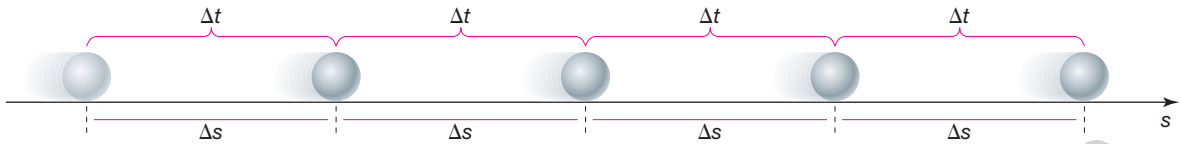


Figura 10 Representação esquemática de um móvel em movimento uniforme.

No movimento uniforme, a velocidade escalar instantânea v é constante e diferente de zero.

Portanto, $v = v_m \Rightarrow v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{cte não nula}$ (**função horária da velocidade**)

Se no MU a velocidade escalar instantânea v é constante, então a aceleração escalar α é **constante** e **igual a zero**. Assim, no MU:

$\alpha = \text{cte} = 0$ **(função horária da aceleração)**

Vamos considerar um móvel que realiza um movimento uniforme, em que s_0 é o espaço no instante $t = 0$, denominado **espaço inicial**, e s é o espaço em um instante posterior t. O instante $t = 0$ é denominado **origem dos tempos**.

Assim, a função horária que descreve a posição de um móvel ao longo do tempo é dada por:

$s = s_0 + v \cdot t$ **(função horária do espaço)**

A função horária do espaço no MU é uma função do 1º grau; logo, a curva que representa essa função é uma reta inclinada, em relação aos eixos, no gráfico $s \times t$ (Fig. 11).

No gráfico (Fig. 11), temos: $\text{tg}\,\theta = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v \overset{N}{=} \text{tg}\,\theta$

Dada a função horária do espaço de um movimento uniforme, podemos determinar o espaço inicial s_0 e a velocidade escalar v de um móvel. Observe o exemplo abaixo.

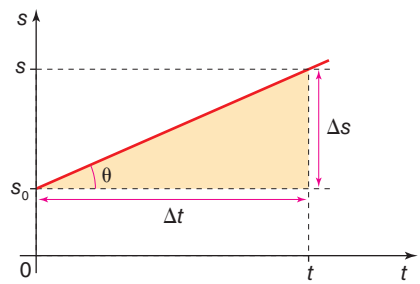


Figura 11 Gráfico $s \times t$ do MU.

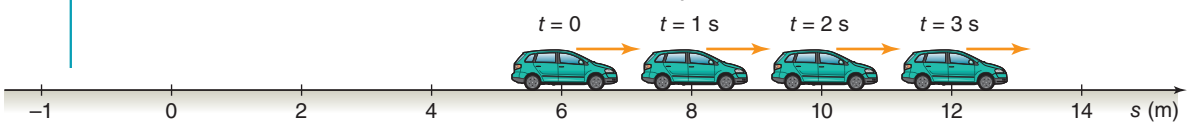
A função horária do espaço de um móvel em movimento uniforme é dada por $s = 6 + 2t$ (SI). Determine o espaço inicial s_0 e a velocidade escalar v do móvel.

Resolução:

Devemos comparar a função $s = 6 + 2t$ com a função $s = s_0 + v \cdot t$.

Note que: $s_0 = 6$ m e $v = 2$ m/s

Supondo a trajetória retilínea, podemos determinar também a posição do móvel nos instantes $t = 0$, $t = 1$ s, $t = 2$ s e $t = 3$ s, como mostra o esquema abaixo.



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

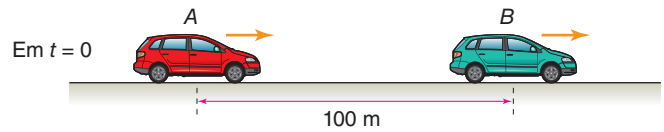
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

O sentido do movimento do móvel é o mesmo sentido de orientação da trajetória, ou seja, é o sentido positivo do eixo *s*. Nesse caso, o movimento é chamado de **progressivo**. Se o sentido do movimento do móvel fosse oposto ao sentido da orientação da trajetória, ou seja, sentido negativo do eixo *s*, o movimento seria chamado de **retrógrado**.

Podemos determinar o instante e a posição em que ocorre o encontro entre dois móveis em MU, em uma mesma trajetória. Observe o exemplo a seguir.

Dois automóveis, *A* e *B*, movem-se em movimento uniforme e no mesmo sentido. Suas velocidades escalares têm módulos respectivamente iguais a 15 m/s e 10 m/s. No instante $t = 0$, os automóveis estão nas posições indicadas no esquema abaixo. Considere desprezíveis as dimensões dos automóveis.



Determine:

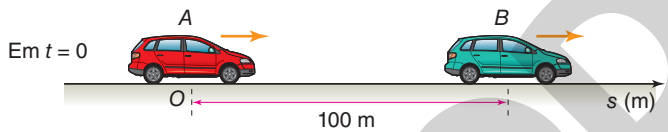
a) o instante em que *A* alcança *B*;

b) a que distância da posição inicial de *A* ocorre o encontro.

Resolução:

a) Para a resolução desse exercício, devemos escrever as funções horárias do espaço de *A* e *B*. Para isso, é necessário adotar arbitrariamente um ponto *O* como origem dos espaços e orientar a trajetória.

A origem dos espaços que vamos adotar é a posição inicial do automóvel *A*; assim, orientamos a trajetória de *A* para *B*.



Para o automóvel *A*: $s_A = s_{0_A} + v_A \cdot t$

Sendo $s_{0_A} = 0$ e $v_A = 15$ m/s, vem: $s_A = 15t$ (SI)

Para o automóvel *B*: $s_B = s_{0_B} + v_B \cdot t$

Sendo $s_{0_B} = 100$ m e $v_B = 10$ m/s, vem: $s_B = 100 + 10t$ (SI)

No encontro, temos: $s_A = s_B \Rightarrow 15t = 100 + 10t \Rightarrow 5t = 100$

$\therefore \ t = 20$ s

b) O espaço dos móveis no instante do encontro é obtido substituindo-se $t = 20$ s em uma das duas funções horárias:

$s_A = 15t \Rightarrow s_A = 15 \cdot 20 \ \therefore \ s_A = 300$ m

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Durante o lançamento de um novo modelo de carro, as montadoras costumam divulgar uma das características desse veículo: o intervalo de tempo que o automóvel demora para, partindo do repouso, alcançar certa velocidade. Por exemplo, em um informe publicitário, uma empresa diz que o carro lançado vai do repouso até 100 km/h em 8 s.

Descubram qual é a grandeza cinemática envolvida nessas informações. Façam uma pesquisa nos meios de comunicação (jornais, revistas ou internet) e obtenham a informação para diferentes veículos lançados no mercado recentemente. Vocês podem diversificar a pesquisa abordando a aceleração de carros de corrida, de animais, como o guepardo, de aviões e caças a jato.

Organizem os resultados de suas pesquisas em uma tabela e comparem seus dados com os obtidos pelos outros colegas. Divulguem as informações obtidas por meio de um blogue ou um vídeo. Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.

Movimento uniformemente variado (MUV)

O **movimento uniformemente variado (MUV)** é aquele no qual o móvel sofre iguais variações de velocidade em iguais intervalos de tempo (Fig. 12).

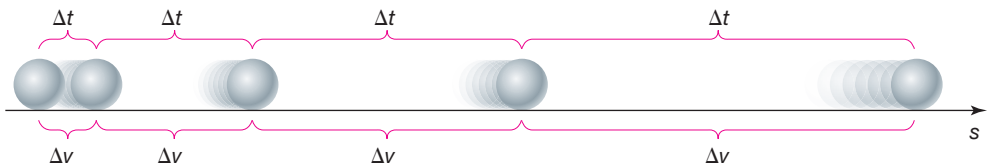


Figura 12 Representação esquemática de um móvel em movimento uniformemente variado.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODELO

Assim, no MUV, a aceleração escalar média é a mesma em qualquer intervalo de tempo e, portanto, é igual à aceleração escalar em qualquer instante.

> No movimento uniformemente variado, a aceleração escalar instantânea α é constante e diferente de zero.

No MUV, a aceleração escalar instantânea α é constante e, portanto, igual à aceleração escalar média α_m em qualquer intervalo de tempo, então, podemos escrever:

$$\alpha = \text{cte} \Rightarrow \alpha = \alpha_m \Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{cte}} \quad \textbf{(função horária da aceleração)}$$

Considere um móvel que descreve um MUV, em que v_0 é a velocidade escalar no instante $t = 0$, denominada **velocidade inicial**, e v é a velocidade escalar em um instante posterior t. A função horária que descreve a velocidade de um móvel ao longo do tempo é dada por:

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = \frac{v - v_0}{t - 0} \Rightarrow \boxed{v = v_0 + \alpha \cdot t} \quad \textbf{(função horária da velocidade)}$$

A função horária da velocidade escalar no MUV é uma função do 1º grau; logo, a curva que representa essa função é uma reta inclinada, em relação aos eixos, no gráfico $v \times t$ (Fig. 13).

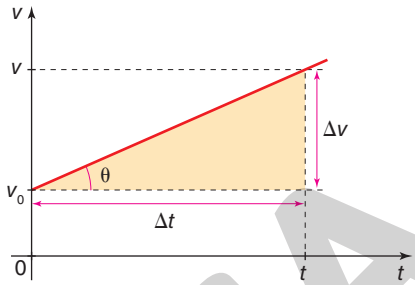


Figura 13 Gráfico $v \times t$ do MUV.

No gráfico (Fig. 13), temos:

$$\text{tg}\,\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\alpha \overset{N}{=} \text{tg}\,\theta}$$

A função horária que descreve a posição de um móvel ao longo do tempo é dada por:

$$\boxed{s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2} \quad \textbf{(função horária do espaço)}$$

Note que a função horária do espaço no MUV é uma função do 2º grau; logo, a curva que representa essa função é uma parábola, no gráfico $s \times t$. Se a aceleração escalar é positiva ($\alpha > 0$), a concavidade da parábola é voltada para cima (Fig. 14.A); se a aceleração escalar é negativa ($\alpha < 0$), a concavidade da parábola é voltada para baixo (Fig. 14.B).

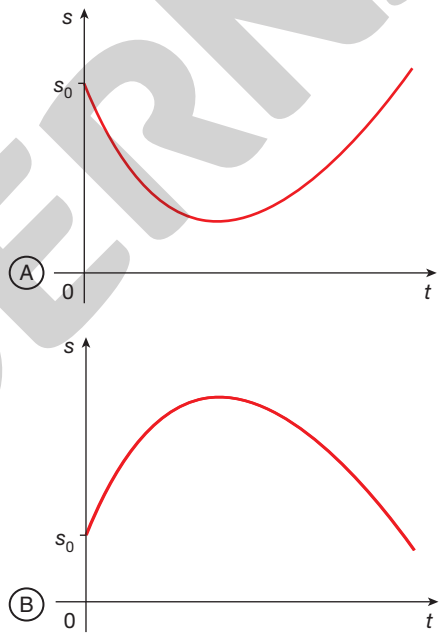


Figura 14 Gráficos $s \times t$ do MUV. (A) parábola com a concavidade para cima, $\alpha > 0$; (B) parábola com a concavidade para baixo, $\alpha < 0$.

Dada a função horária do espaço de um movimento uniformemente variado, podemos determinar o espaço inicial s_0, a velocidade inicial v_0, a aceleração escalar α e a função horária da velocidade. Veja o exemplo a seguir.

A função horária do espaço de um móvel é dada por $s = 2 + 3t + 5t^2$ (SI). Vamos determinar o espaço inicial s_0, a velocidade inicial v_0, a aceleração escalar α e a função horária da velocidade.

Resolução:

Para isso, devemos comparar:

$s = 2 + 3t + 5t^2$ com $s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$

Note que:

$$s_0 = 2\ \text{m};\ v_0 = 3\ \text{m/s}\ \text{ e }\ \frac{\alpha}{2} = 5\ \ \therefore\ \ \alpha = 10\ \text{m/s}^2$$

De $v = v_0 + \alpha \cdot t$, vem:

$$v = 3 + 10t\ (\text{SI})$$

MODERNA

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

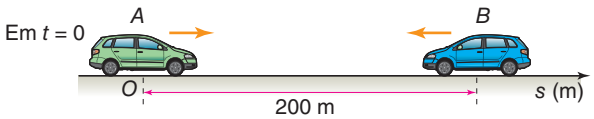
Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

5. No movimento uniforme (MU), um móvel sofre iguais variações de espaço em iguais intervalos de tempo. Dê exemplos de movimentos uniformes que ocorrem no dia a dia.

6. Dois carros, *A* e *B*, movem-se, um de encontro ao outro, em movimento uniforme. Suas velocidades escalares têm módulos 12 m/s e 8 m/s, respectivamente. No instante $t = 0$, os carros ocupam as posições indicadas no esquema. Considere desprezíveis as dimensões dos automóveis.



ADILSON SECCO

Vamos orientar a trajetória de *A* para *B* e adotar a posição inicial de *A* como origem dos espaços.

a) Escreva as funções horárias do espaço de *A* e *B*.

b) Determine o instante do encontro dos dois carros.

c) A que distância da posição inicial de *A* ocorre o encontro?

d) Construa os gráficos do espaço *s* em função do tempo *t* para os dois carros, em um mesmo diagrama. Indique no gráfico o instante e o espaço onde ocorre o encontro.

7. No movimento uniformemente variado (MUV), um móvel sofre iguais variações de velocidade em iguais intervalos de tempo. Dê exemplos de movimentos uniformemente variados que ocorrem no dia a dia.

8. Um caminhão passa, sem parar, pela cabine do pedágio de uma rodovia com velocidade escalar constante de 36 km/h. No mesmo instante, um automóvel parte do repouso, de outra cabine, com aceleração escalar constante de 2,0 m/s^2. Depois de quanto tempo após a passagem dos veículos pelo pedágio o automóvel ultrapassa o caminhão? A que distância do pedágio isso acontece?

Equação de Torricelli para o MUV

Vamos relacionar a velocidade escalar *v* com o espaço *s*.

Para isso, vamos elevar ao quadrado os dois membros da função horária da velocidade.

$$v = v_0 + \alpha \cdot t \Rightarrow (v)^2 = (v_0 + \alpha \cdot t)^2 \Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2 \cdot v_0 \cdot \alpha \cdot t + \alpha^2 \cdot t^2$$

No segundo membro da expressão acima, podemos colocar $2 \cdot \alpha$ em evidência; assim:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \left(v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2\right)$$

Observe, então, que a expressão entre parênteses corresponde ao deslocamento escalar $\Delta s = s - s_0$ na função horária do espaço no MUV. Assim, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta s$$

Essa equação é denominada **equação de Torricelli para o MUV**.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

A redução da velocidade dos veículos aumenta a capacidade da via e a fluidez do trânsito?

Em julho de 2015, a velocidade máxima permitida nas duas marginais na cidade de São Paulo foi reduzida, o que causou grandes discussões a respeito da capacidade da via e da fluidez do trânsito. Dividam a turma em grupos; um deles deve procurar informações favoráveis à redução da velocidade máxima permitida em vias públicas; o outro deve pesquisar informações contrárias a essa medida. Fazendo uso de painéis e fotos sobre o assunto e de opiniões de especialistas, cada grupo deve apresentar seus argumentos e promover uma discussão com os colegas de sala, mediada pelo professor de Física.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

9. Um trem parte do repouso e atinge a velocidade de 54 km/h após percorrer 75 m em movimento uniformemente variado. Qual é a aceleração escalar do trem?

10. Em algumas avenidas de São Paulo, a velocidade máxima permitida passou de 70 km/h para 60 km/h. Para ter ideia de como essa redução de velocidade contribuiu para a segurança dos motoristas, considere que um carro a 60 km/h é freado e, depois de percorrer uma distância *d*, para quase encostando em um caminhão parado na pista devido a uma pane no motor. Se esse carro estivesse a 70 km/h quando fosse freado, depois de percorrer a mesma distância *d*, ele colidiria com o caminhão a que velocidade? Considere que a desaceleração é a mesma e constante nos dois casos.

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

MODERNA

Movimento vertical nas proximidades da superfície terrestre

Ao ser abandonado nas proximidades da superfície terrestre, desprezando a resistência do ar, um corpo é atraído para o solo e cai livremente com velocidade crescente. Em outras palavras, o corpo acelera. A aceleração do móvel, nesse caso, é denominada **aceleração da gravidade**, geralmente representada por g.

Nas proximidades da superfície terrestre, a aceleração da gravidade é aproximadamente igual a 9,8 m/s^2. Neste livro, sempre que necessário e a menos que se diga algo contrário, vamos considerar que, nas proximidades da superfície terrestre, a aceleração da gravidade tem valor igual a 10 m/s^2, isto é:

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

O movimento vertical de um móvel nas proximidades da superfície terrestre, quando se despreza a resistência do ar, é um MUV, pois ocorre com aceleração constante (g).

O sinal da aceleração escalar em um movimento vertical, nas proximidades da superfície da Terra, depende do sentido em que a trajetória é orientada: $\alpha = +g$, quando a trajetória é orientada para baixo, e $\alpha = -g$, quando a trajetória é orientada para cima, não importando se o móvel em estudo está subindo ou descendo.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Depois de tratar sobre queda livre na sala de aula, a professora de Física realizou o seguinte experimento para provar que corpos abandonados da mesma altura e sob ação exclusiva da gravidade chegam ao solo ao mesmo tempo. Ela abandonou de certa altura uma folha de papel aberta e outra amassada, formando uma bolinha, e, com os estudantes, constatou que a folha de papel amassada chegou ao solo antes da folha de papel aberta. Em seguida, colocou a bolinha de papel e um pedaço da folha aberta sobre um apagador disposto paralelamente ao solo. Abandonando o conjunto de certa altura, a professora constatou que todos chegaram juntos ao solo. Você sabe explicar o que ocorreu em cada uma das situações descritas?

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Considere que um automóvel, em uma situação de emergência, desenvolve uma desaceleração constante de 8 m/s^2 a partir do momento em que os freios são acionados. Os tempos de pré-frenagem da tabela a seguir correspondem a diferentes tipos de automóveis e motoristas em condições normais.

1) A partir dos diferentes dados de valores de velocidade e de pré-frenagem, transcreva a tabela a seguir no caderno e preencha os espaços vazios com a distância percorrida (em metros) pelo automóvel até que ele pare.

	A	B	C	D	E	F
1	Pré-frenagem (s) / Velocidade (km/h)	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
2	20	5,8	6,4			
3	30					
4	50					
5	70					
6	90					
7	120	92,8				

Para facilitar, vamos por etapas:

Antes de tentar preencher a tabela, vamos analisá-la.

A tabela contém informações sobre diferentes valores de velocidade do automóvel, em km/h, diferentes tempos de pré-frenagem, em segundos, e 27 espaços vazios para serem preenchidos com a distância percorrida (em metros) pelo automóvel até ele parar.

Em vez de tentar resolver o problema como um todo, vamos decompô-lo em problemas menores. Para isso, começaremos analisando o dado contido na célula B2.

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Para encontrar a distância percorrida pelo automóvel, precisaremos utilizar as equações apresentadas ao longo deste capítulo. Não se esqueça de considerar que, antes de acionar os freios, o automóvel se move em MU e, após acionar os freios, o automóvel se move em MUV. Também precisaremos converter os valores de velocidade para o SI.

Agora, vamos descrever matematicamente como foi obtido o resultado da célula B2.

A soma das distâncias percorridas pelo automóvel em MU e em MUV nos dá o deslocamento total percorrido por ele até parar.

Depois de descobrir como o resultado da célula B2 foi obtido, é preciso descrever o passo a passo para encontrar os valores da distância percorrida para as outras células.

Por fim, podemos incorporar o passo a passo anterior em uma planilha eletrônica e completar os dados da tabela. Veja o exemplo a seguir.

Números que indicam as linhas da planilha.

Campo que mostra a célula selecionada. A célula B2 está na coluna B e na linha 2.

Campo que mostra a fórmula associada à célula.

Letras que indicam as colunas da planilha.

Não é necessário repetir a fórmula para cada célula da coluna. Basta selecionar a primeira célula, levar o cursor até a quina da seleção e, com o botão esquerdo do *mouse* clicado, arrastar a seleção até a célula B7.

B2 | Fórmula | =((A2/3,6)*(B1))+(((A2/3,6)^2)/16)

	A	B	C	D
	Pré-frenagem (s)			
1	Velocidade (km/h)	0,7	0,8	0,9
2	20	5,8	6,4	
3	30			
4	50			
5	70			
6	90			
7	120			

Copie a fórmula da célula B2 e coloque-a nas células de C2 a F2. Repare que, ao efetuar a cópia, o valor da célula C2 foi alterado e, por isso, precisamos fazer alguns ajustes.

Ao efetuar a cópia de B2 para C2, altere esses dois valores para A2, pois correspondem à velocidade do automóvel.

Também altere B1 para C1, pois este é o valor do tempo de pré-frenagem correspondente à coluna C.

C2 | Fórmula | =((B2/3,6)*(B1)+(((B2/3,6)^2)/16)

	A	B	C	D	E	F
	Pré-frenagem (s)					
1	Velocidade (km/h)	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
2	20	5,8	1,3			

Repita o procedimento selecionando a primeira célula C2, levando o cursor até a quina da seleção, e, com o botão esquerdo do *mouse* clicado, arraste a seleção até a célula C7.

2) Quando o condutor dirige utilizando o celular, o tempo de pré-frenagem pode ser aproximadamente 30% maior do que o valor esperado, fornecido na tabela. Utilizando os passos e as informações anteriores, elabore uma nova tabela para o caso de o motorista estar olhando o celular.

3) Organizem-se em grupos e elaborem fôlderes impressos ou digitais com informações sobre a importância de dirigir com atenção e de obedecer às leis de trânsito. Distribuam ou divulguem nos meios digitais os fôlderes produzidos. Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. O Parque Ibirapuera é um dos maiores parques urbanos da cidade de São Paulo. Inaugurado em 1954, durante as comemorações do quarto centenário da cidade, tem uma das mais importantes áreas de cultura e lazer da cidade. O jornal do Reino Unido *The Guardian* classificou o Ibirapuera como um dos dez melhores parques urbanos do mundo.

a) Um frequentador do parque faz três vezes por semana uma caminhada de 6 km, gastando em cada uma delas 55 min. Qual é, em km/h, a velocidade escalar média desenvolvida em cada caminhada?

b) Os amigos Raphael e Pedro são frequentadores do parque. Eles partem do mesmo local, caminham no mesmo sentido e fazem uma caminhada de 3 km. Cada passo de Raphael mede 75 cm e cada passo de Pedro, 70 cm. Quando Raphael completa sua caminhada, quantos metros Pedro terá percorrido?

2. Um carro de dimensões desprezíveis, com aceleração constante, passa por um ponto *A* com velocidade escalar de 5 m/s e por um ponto *B* com velocidade escalar de 10 m/s.

Entre suas passagens por *A* e *B*, decorre um intervalo de tempo de 10 s. Qual é a distância entre os pontos *A* e *B*?

3. Uma bolinha de tênis é abandonada da janela de um edifício, demorando 3 s para atingir o solo. Considere $g = 10\ m/s^2$ e despreze a resistência do ar. De que altura a bolinha foi abandonada?

4. Um menino larga uma pedra de uma ponte a 80 m acima da água. Ele ouve o som do choque da pedra na água 4,25 s após ela ter sido abandonada. Despreze a resistência do ar e considere o módulo da aceleração da gravidade igual a $10\ m/s^2$. Qual é o módulo da velocidade de propagação do som no ar?

5. (Unesp) O limite máximo de velocidade para veículos leves na pista expressa da Av. das Nações Unidas, em São Paulo, foi recentemente ampliado de 70 km/h para 90 km/h. O trecho dessa avenida conhecido como Marginal Pinheiros possui extensão de 22,5 km. Comparando os limites antigo e novo de velocidades, a redução máxima de tempo que um motorista de veículo leve poderá conseguir ao percorrer toda a extensão da Marginal Pinheiros pela pista expressa, nas velocidades máximas permitidas, será de, aproximadamente,

5. e

a) 1 minuto e 7 segundos.

b) 4 minutos e 33 segundos.

c) 3 minutos e 45 segundos.

d) 3 minutos e 33 segundos.

e) 4 minutos e 17 segundos.

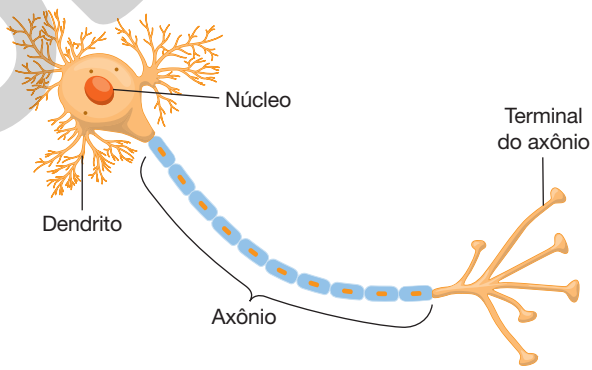
6. (Enem) Um motorista que atende a uma chamada de celular é levado à desatenção, aumentando a possibilidade de acidentes ocorrerem em razão do aumento de seu tempo de reação. Considere dois motoristas, o primeiro atento e o segundo utilizando o celular enquanto dirige. Eles aceleram seus carros inicialmente a $1{,}00\ m/s^2$. Em resposta a uma emergência, freiam com uma desaceleração igual a $5{,}00\ m/s^2$. O motorista atento aciona o freio à velocidade de 14,0 m/s, enquanto o desatento, em uma situação análoga, leva 1,00 segundo a mais para iniciar a frenagem. Que distância o motorista desatento percorre a mais do que o motorista atento, até a parada total dos carros?

6. e

a) 2,90 m **c)** 14,5 m **e)** 17,4 m

b) 14,0 m **d)** 15,0 m

7. A velocidade de condução de um sinal no sistema nervoso varia entre os animais assim como de um nervo para o outro. Por exemplo, em um gato, a velocidade de condução de um sinal varia de 30 a 120 m/s, enquanto no caracol esse valor chega a 0,2 m/s. Os nervos são feixes de células nervosas, chamadas de neurônios, que, por sua vez, são formados por três partes principais: corpo celular, dendrito e axônio.



O sinal sempre passa de um axônio para o corpo celular ao qual está conectado. Essa conexão entre o axônio e o corpo celular é chamada de sinapse. Em um modelo matemático, considera-se que a velocidade de propagação v do sinal é diretamente proporcional à raiz quadrada do diâmetro d do axônio: $v = k\sqrt{d}$. Nessa equação, k é uma constante de proporcionalidade. Suponha que em um animal um sinal percorra uma distância de 20 cm em 0,01 s. Se os axônios tivessem o dobro do diâmetro e as outras condições fossem as mesmas, qual seria o tempo necessário para essa propagação?

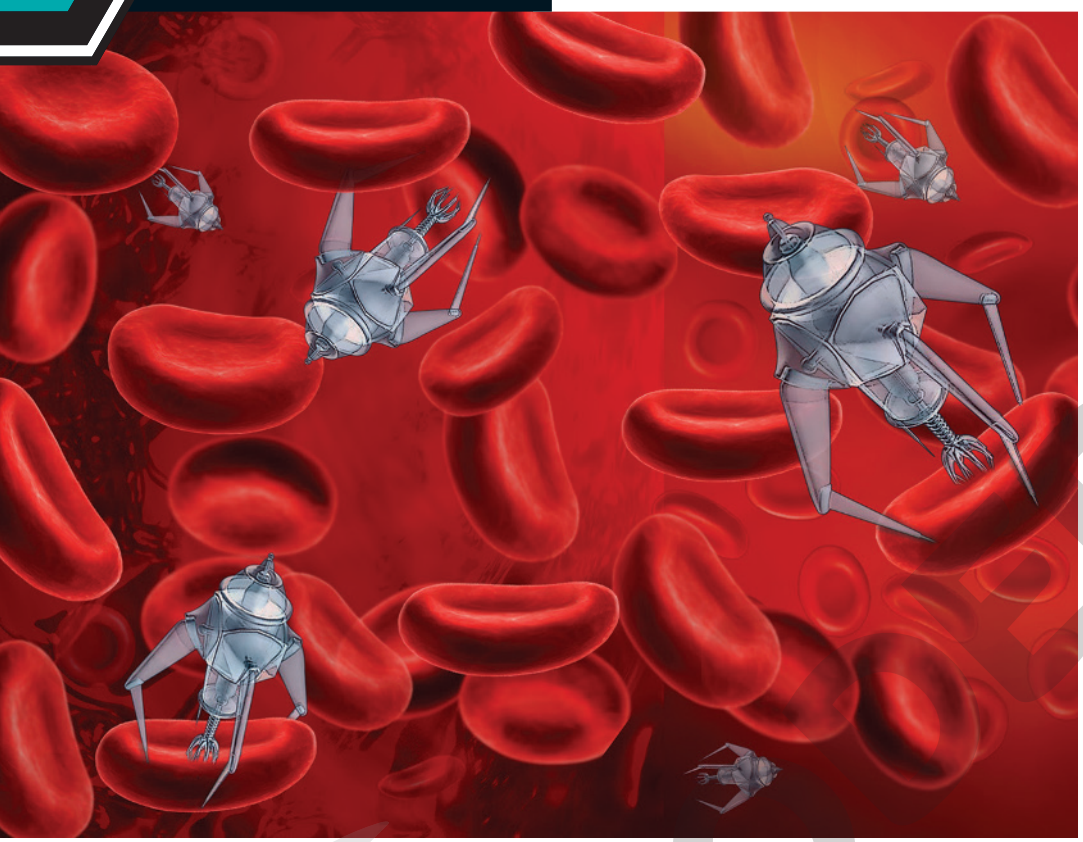
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

CAPÍTULO 7

CITOLOGIA (I): MEMBRANA CELULAR E CITOPLASMA



SELMA CAPARROZ

Ilustração futurista que representa uma das possibilidades imaginadas para a nanotecnologia: construir "nanoaparelhos" para levar terapias diretamente às células do sangue. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CNT308
- EM13CHS106

Pense rápido em uma resposta para a pergunta: de que são feitos os seres vivos? Podem ter lhe ocorrido diversas respostas; por exemplo, que os seres vivos são feitos de átomos. Embora um tanto genérica, essa resposta está correta; toda matéria da natureza, inclusive a matéria viva, é formada por átomos. A resposta mais adequada para a maioria dos biólogos, porém, seria: os seres vivos são constituídos por células. Se essa foi sua resposta, parabéns!

Em 1665 o cientista inglês Robert Hooke (1635-1703) observou, em um microscópio recém-construído por ele, que a cortiça era porosa, daí sua baixa densidade. Hooke chamou de células os poros microscópicos da cortiça, e logo essa denominação também passou a ser utilizada para designar as cavidades cheias de fluido, presentes em partes vivas das plantas (Fig. 1). Hoje sabemos que as cavidades ocas da cortiça são células que morreram e perderam seu conteúdo, restando apenas as paredes celulares. Passou-se cerca de um século e meio até que o conceito de célula fizesse realmente sentido para a Biologia, pois foi somente no início do século XIX que as células foram reconhecidas como constituintes fundamentais dos seres vivos.

Os antigos filósofos gregos já suspeitavam que havia uma realidade invisível aos olhos, constituída por objetos pequenos demais para serem visualizados. Os avanços da Ciência comprovaram a existência de níveis de organização do mundo vivo representados por células, moléculas, átomos e partículas ainda menores, de dimensões subatômicas. Hoje já é realidade uma tecnologia aplicada nos níveis molecular e atômico, a nanotecnologia, que põe o mundo do muito pequeno a nosso alcance.

CÉLULA: BETTMANN/GETTY IMAGES - COLEÇÃO PARTICULAR; MICROSCÓPIO: SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY/SSPL/GETTY IMAGES

Figura 1 Réplica do microscópio que Robert Hooke utilizou para observar a estrutura microscópica da cortiça (no detalhe, no círculo superior à esquerda), cujas cavidades ele denominou células.

MODERNA

1. O estudo das células

Em 1839, reunindo estudos microscópicos próprios e de diversos outros pesquisadores, o botânico Matthias Schleiden (1804-1881) e o zoólogo Theodor Schwann (1810-1882) chegaram à conclusão de que plantas e animais eram formados por células. Começava a se estruturar a **teoria celular**, cujas três premissas fundamentais, consolidadas ao longo do século XIX, são:

1. Todos os seres vivos são formados por células e por estruturas que elas produzem; as células são, portanto, as unidades morfológicas dos seres vivos.

2. As atividades essenciais que caracterizam a vida ocorrem sempre no interior de células; elas são, assim, as unidades funcionais, ou fisiológicas, dos seres vivos.

3. Novas células formam-se apenas por meio da reprodução de células preexistentes, em um processo denominado divisão celular.

A teoria celular foi revolucionária para a Biologia, sendo uma das mais importantes generalizações nessa área de conhecimento científico.

Microscópios fotônicos e microscópios eletrônicos

O principal equipamento utilizado pelos citologistas é o **microscópio**, tanto o **microscópio fotônico**, ou óptico (do grego *photos*, luz), quanto o **microscópio eletrônico**, que utiliza feixes de elétrons acelerados em vez de luz.

Os microscópios fotônicos apresentam três conjuntos principais de lentes: as **lentes condensadoras**, cuja função é concentrar os raios luminosos que atravessam o objeto durante sua observação; as **lentes objetivas**, situadas perto do objeto observado e responsáveis pela formação da imagem; as **lentes oculares**, pelas quais o observador enxerga a imagem ampliada do objeto.

A luz concentrada pelas lentes condensadoras é transmitida através do objeto e passa pelas lentes objetivas e oculares, chegando ao olho do observador. A multiplicação entre o aumento fornecido pela objetiva e o aumento da ocular resulta no valor final da ampliação (Fig. 2).

WAVEBREAKMEDIA/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

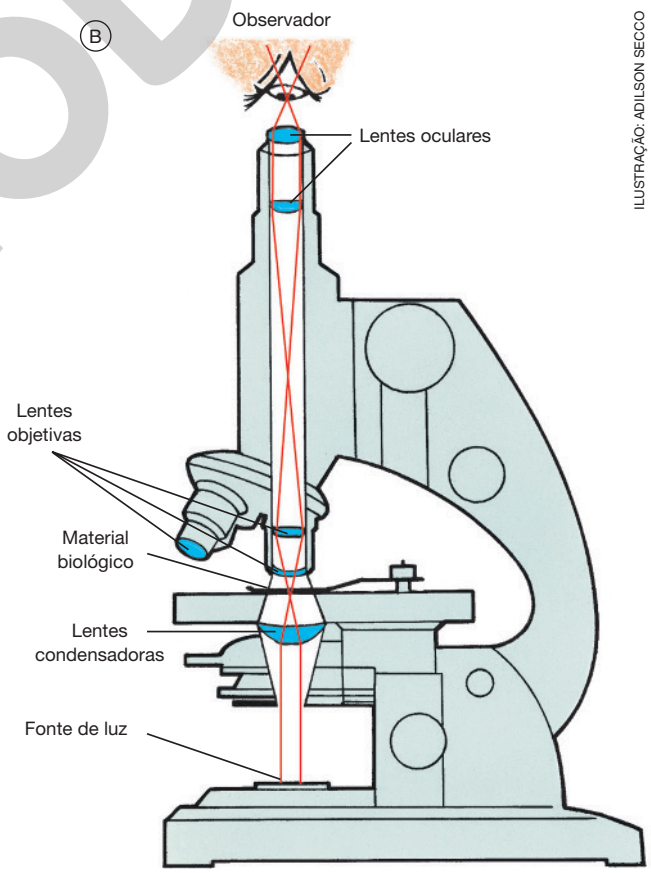


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 2 (A). Cientista observando material em um microscópio fotônico moderno. (B). Representação esquemática das partes fundamentais de um microscópio fotônico mostrando o caminho percorrido pela luz (em vermelho) no interior do aparelho.

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

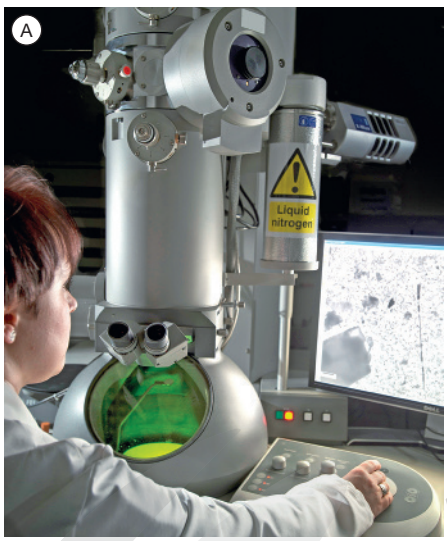
MODERNA

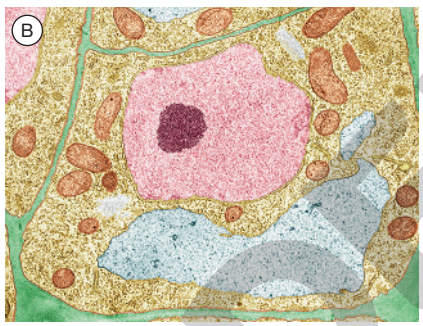
A qualidade das lentes do microscópio não decorre tanto de quanto elas ampliam, mas principalmente da nitidez da imagem que produzem. Uma boa lente separa os diferentes pontos da imagem, o que nos permite vê-los individualmente, resultando em maior nitidez. A capacidade de distinguir pontos próximos é o que se denomina **poder de resolução**. Microscópios fotônicos de boa qualidade permitem distinguir pontos separados por até 0,00025 mm. Essa distância é chamada **limite de resolução**. Nos bons microscópios fotônicos, o limite de resolução é cerca de 400 vezes menor que o do olho nu (cerca de 0,1 mm). Se o limite de resolução é 400 vezes menor, isso significa que o poder de resolução de um bom microscópio fotônico é cerca de 400 vezes maior que o do olho nu.

Os microscópios eletrônicos revolucionaram a Citologia porque permitiram estudos ultradetalhados da estrutura interna das células. Enquanto microscópios fotônicos fornecem ampliações máximas de 1.500 vezes, microscópios eletrônicos operam em ampliações que vão até 100 mil vezes, ou ainda mais. Por utilizar feixes de elétrons em vez de luz, os microscópios eletrônicos possibilitam obter imagens com limites de resolução da ordem de 0,001 µm (1 nm), ou seja, cerca de 250 vezes menor que o do microscópio fotônico. Faça as contas: o poder de resolução do microscópio eletrônico é cerca de 100 mil vezes maior que o do olho nu (100 µm ÷ 0,001µm = 100.000) (Fig. 3).

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

CROWN COPYRIGHT/HEALTH SAFETY LABORATORY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA





BIOPHOTO ASSOCIATES/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 3 (A). Cientista manipulando um microscópio eletrônico de transmissão. (B). Fotomicrografia de célula da extremidade da raiz da planta herbácea *Arabidopsis thaliana*. Note a grande quantidade de detalhes que é possível observar no interior da célula. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 15.000 ×; cores meramente ilustrativas.)

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Os avanços da nanotecnologia

Nanotecnologia refere-se às aplicações tecnológicas realizadas no nível das nanoestruturas, isto é, estruturas cujas dimensões situam-se na casa dos nanômetros, como átomos e moléculas. Os microscópios eletrônicos de varredura e de tunelamento são instrumentos utilizados em estudos nanotecnológicos. Nesta atividade, o objetivo é que você pesquise e informe-se sobre o momento atual e perspectivas futuras da nanotecnologia, que integra áreas como a química, a física, a biologia molecular, a computação, entre outras.

Inicialmente realize uma pesquisa na internet sobre nanotecnologia. Refine sua pesquisa de modo a ser capaz de responder às seguintes questões:

a) Quais são as aplicações atuais que se beneficiam da nanotecnologia?

b) Quais são as perspectivas de utilização da nanotecnolgia no campo da medicina?

c) Forme um grupo de colegas para discutir as pesquisas de cada um e suas ideias a respeito. Se possível, elabore com seu grupo um texto que resuma os aspectos mais importantes e as conclusões do grupo sobre o tema. Compartilhe essas conclusões com toda a turma. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Tente conseguir uma boa lente de aumento e com ela observe imagens impressas em revistas, livros, jornais etc. Dê atenção especial às áreas impressas da pele humana. O que você pode perceber com a lente que não via a olho nu? (Fig 4.) O que isso tem a ver com o limite de resolução discutido no texto? Debata com seus colegas se esse limite interfere no que compreendemos sobre a realidade visual e como a resolução, em máquinas fotográficas ou TVs e nos microscópios, auxiliou na nossa percepção sobre o que estamos vendo "de fato".

AVELINO GUEDES

"O colorido de um desenho é formado por pequenos pontos pretos, amarelos, vermelhos-magenta e azuis-ciano. Como esses pontos são muito pequenos, eles se misturam aos nossos olhos, dando a sensação perfeita de colorido.

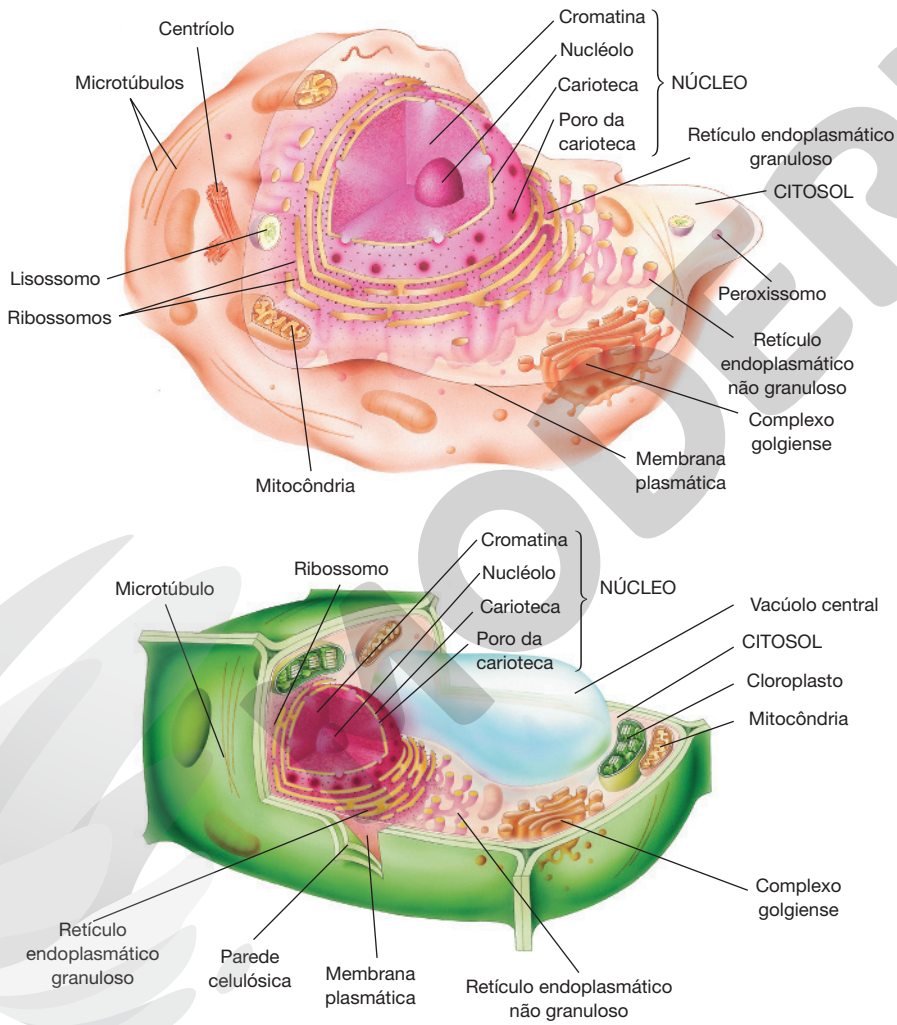
"O colorido de um desenho é formado por pequenos pontos pretos, amarelos, vermelhos-magenta e azuis-ciano, que podem ser observados com uma lente de aumento." (BANDEIRA, P. *O mistério da fábrica de livros*. São Paulo: Moderna, 2010. Adaptado.)

Figura 4 Reprodução de página do livro infantil *O mistério da fábrica de livros*, de Pedro Bandeira. Um dos "mistérios"revelados no livro é a maneira pela qual são produzidas as cores das ilustrações: é a incapacidade dos nossos olhos de distinguir os pontos coloridos que causa a sensação de mistura de cores

Células eucarióticas e células procarióticas

Células que apresentam núcleo delimitado por um envoltório membranoso denominado carioteca e que possuem estruturas membranosas (organelas) no citoplasma são chamadas de **células eucarióticas**. Células que não apresentam carioteca nem organelas membranosas são denominadas **células procarióticas**. Bactérias e arqueas têm células procarióticas; todos os demais seres vivos – algas, fungos, protozoários, plantas e animais – apresentam células eucarióticas.

Para observar células ao microscópio geralmente temos que submetê-las a tratamentos visando preservar ao máximo suas estruturas. Esses tratamentos de preservação constituem a técnica de **fixação** e causam a morte das células. Além de serem submetidas à técnica de fixação, as células precisam ser cortadas em fatias muito finas – os **cortes histológicos** – a fim de permitir a passagem da luz, nos microscópios fotônicos, ou dos feixes de elétrons, nos microscópios eletrônicos. Em muitos casos, antes ou depois do corte histológico, o material biológico passa por tratamentos com substâncias corantes – técnicas de **coloração** – que aumentam os contrastes entre as partes da célula e facilitam sua observação. Foi com base na observação das células por diversas técnicas que os citologistas conseguiram obter imagens tridimensionais dos diversos componentes celulares (Fig. 5).



ILUSTRAÇÕES: EDILSON BILAS

Figura 5 Representação esquemática de uma célula animal (acima) e de uma célula vegetal (embaixo). As células foram representadas parcialmente cortadas para mostrar seus diversos componentes internos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de MADER, S. S. *Biology*. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

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

2. As membranas biológicas, ou biomembranas

Todas as células, tanto as procarióticas quanto as eucarióticas, são delimitadas pela **membrana plasmática**. Embora sua existência fosse prevista, a membrana plasmática é tão fina que só pôde ser observada diretamente depois da invenção do microscópio eletrônico. A espessura dessa membrana é cerca 5 nm (nanômetros). Em microscópios eletrônicos, com grande aumento, cortes da membrana plasmática aparecem como duas linhas escuras, com uma região central mais clara.

As membranas presentes no citoplasma das células eucarióticas, inclusive as que envolvem o núcleo celular, têm espessura e composição química semelhantes às da membrana plasmática. Atualmente, costuma-se utilizar o termo "biomembrana" para designar genericamente as membranas presentes nas células vivas.

Os principais componentes das biomembranas são substâncias do grupo dos fosfolipídios e das proteínas. Em 1972 os pesquisadores estadunidenses Seymour Jonathan Singer (1924-2017) e Garth L. Nicolson (1943-) elaboraram um modelo molecular para explicar a estrutura da membrana plasmática. Segundo esse modelo, largamente aceito desde então, as biomembranas são constituídas por uma camada dupla de moléculas de fosfolipídios com partes eletricamente carregadas voltadas tanto para a face externa da membrana como para sua face interna.

Incrustadas na bicamada de fosfolipídios, como se fossem peças de um mosaico, há moléculas globulares de proteínas. Algumas delas estão em posição superficial na dupla camada lipídica, enquanto outras a atravessam de lado a lado. A ideia de que ocorre intensa movimentação das moléculas componentes da biomembrana levou Singer e Nicolson a denominar sua proposta de **modelo do mosaico fluido** (Fig. 6).

No modelo de Singer e Nicolson, confirmado e complementado por descobertas mais recentes, certas proteínas atravessam a membrana plasmática de uma face à outra, delimitando poros por onde ocorre intercâmbio de moléculas de água e íons entre o citoplasma e o ambiente externo. Também há proteínas capazes de capturar substâncias fora ou dentro da célula, transportando-as através da membrana e soltando-as no lado oposto. Além disso, certas proteínas da membrana plasmática atuam no reconhecimento de fatores físicos e químicos do meio, estimulando a célula a reagir e se ajustar ao ambiente.

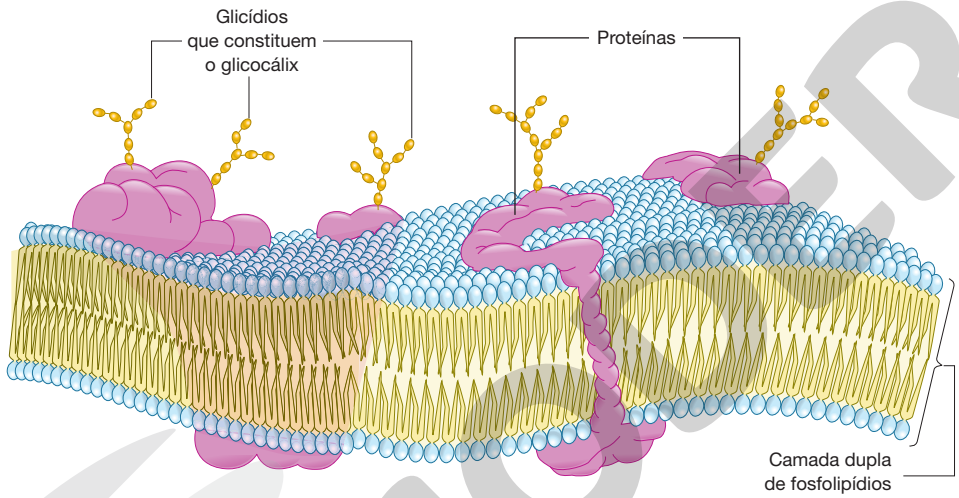


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 6 Representação esquemática da estrutura molecular da membrana plasmática, de acordo com o modelo do mosaico fluido, elaborado por Singer e Nicolson na década de 1970. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Em destaque

Lipossomas e suas aplicações terapêuticas: Estado da arte

Lipossomas são vesículas constituídas de uma ou mais bicamadas fosfolipídicas orientadas concentricamente em torno de um compartimento aquoso e servem como carreadores de fármacos, biomoléculas ou agentes de diagnóstico. [...]

Alec Bangham, há 40 anos, com sua observação pioneira de que fosfolipídeos em soluções aquosas podem formar estruturas fechadas em bicamadas, permitiu que a pesquisa sobre os lipossomas percorresse um longo caminho, convertendo-os de simples objetos de pesquisa biofísica em carreadores terapêuticos para numerosas aplicações clínicas [...].

A multidisciplinaridade associada à nanotecnologia farmacêutica (física, química, biologia e farmacologia) resultou no desenvolvimento de lipossomas como sistemas de liberação de fármacos eficazes na terapêutica do câncer e de infecções. A utilidade dos lipossomas foi melhorada seguindo pesquisas básicas que permitiram o aumento da estabilidade e a compreensão das características físico-químicas e interação com fluidos biológicos. [...]

BATISTA, C. M.; DE CARVALHO, C. M. B.; MAGALHÃES, N. S. S. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol. 43, n. 2, abr./jun., 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/247853500_Lipossomas_e_suas_aplicacoes_terapeuticas_Estado_da_arte>. Acesso em: 27 fev. 2020.

- Relacione a estrutura dos lipossomos com a das biomembranas. Se necessário, pesquise sobre lipossomas em *sites* confiáveis na internet e amplie as informações fornecidas no texto anterior.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

MODERNA

Fagocitose e pinocitose

Certas substâncias e partículas são capazes de entrar na célula e dela sair através de bolsas membranosas que se fundem à membrana plasmática, introduzindo na célula algo vindo do exterior ou expelindo partículas e substâncias para fora.

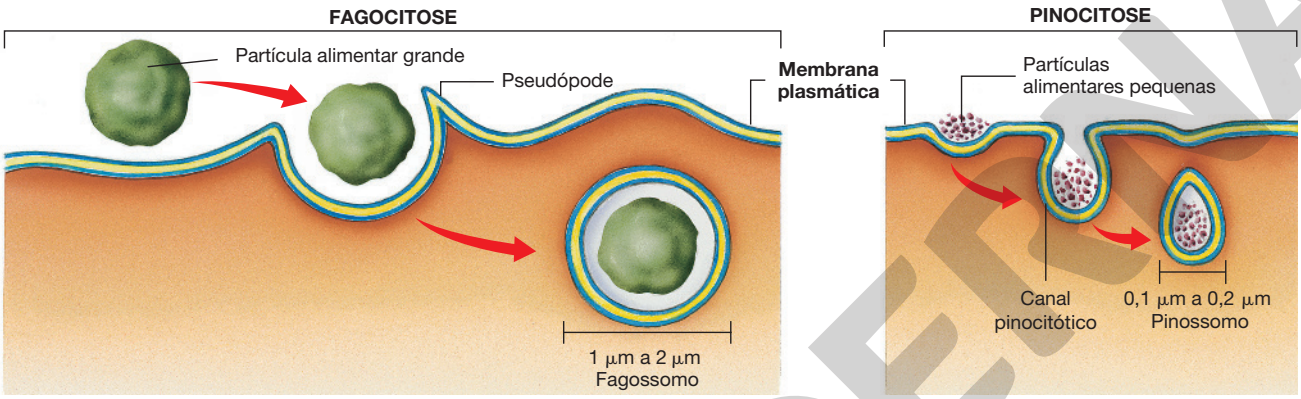
No processo denominado **fagocitose** (do grego *phagein*, comer), a célula emite expansões citoplasmáticas denominadas **pseudópodes**, que "abraçam" partículas do meio externo, englobando-as em uma bolsa membranosa. Essa bolsa se desprende da membrana e passa a circular no citoplasma, sendo chamada então de **fagossomo**, literalmente, "corpo comido".

No processo denominado **pinocitose** (do grego *pinein*, beber, e *kytos*, célula), a membrana plasmática aprofunda-se no citoplasma, formando um fino canal por onde penetram líquidos e pequenas partículas do meio exterior. À medida que se aprofunda, o canal estrangula-se, liberando para o citoplasma pequenas bolsas membranosas chamadas de **pinossomos** (Fig. 7).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Pesquise em livros de Biologia e na internet o que é o pus, substância esbranquiçada que se forma em ferimentos infeccionados. Que relação pode ser feita entre o pus e a fagocitose?



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 7 Representação esquemática de cortes da borda de uma célula mostrando comparativamente a fagocitose e a pinocitose. As principais diferenças entre os dois processos são o tamanho das partículas capturadas e o modo de captura. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

A fagocitose é um processo utilizado por muitos organismos celulares para se alimentar. A ameba de água doce, por exemplo, utiliza seus pseudópodes para se locomover e capturar partículas de alimento. Nos animais há certas células que utilizam a fagocitose para combater a invasão do corpo por partículas potencialmente perigosas, como vírus e outros microrganismos, fagocitando-os e digerindo-os intracelularmente.

3. O citoplasma da célula eucariótica

Os principais componentes membranosos presentes no citoplasma das células eucarióticas são o retículo endoplasmático, o complexo golgiense, os lisossomos, as mitocôndrias e os plastos, estes últimos exclusivos de células de plantas e de algas. O citoplasma apresenta também um conjunto estruturado de finíssimos tubos – microtúbulos – e de filamentos proteicos que dão sustentação à célula eucariótica, constituindo uma espécie de esqueleto celular, o citoesqueleto.

O retículo endoplasmático

As biomembranas presentes no citoplasma das células eucarióticas formam uma intrincada rede de canais e bolsas membranosas denominada **retículo endoplasmático**, em torno da qual circula um fluido viscoso citoplasmático denominado citosol.

O retículo endoplasmático apresenta em certas regiões grânulos denominados **ribossomos**, constituídos por proteínas e RNA, aderidos à face da membrana voltada para o citosol. Esse tipo de retículo endoplasmático é chamado de **retículo endoplasmático granuloso** (**REG**); como os ribossomos conferem um aspecto enrugado às membranas, esse retículo também costuma ser chamado de **retículo endoplasmático rugoso** (**RER**). As regiões do retículo endoplasmático que não apresentam ribossomos recebem as denominações de **retículo endoplasmático não granuloso** (**RNG**), ou **retículo endoplasmático liso** (**REL**).

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

MODERNA

Além de transportar e armazenar substâncias, a função primordial do retículo endoplasmático rugoso é a síntese de proteínas, processo que ocorre nos ribossomos. O retículo endoplasmático liso, por sua vez, é responsável pela síntese de ácidos graxos, fosfolipídios e substâncias do grupo dos esteroides (Fig. 8).

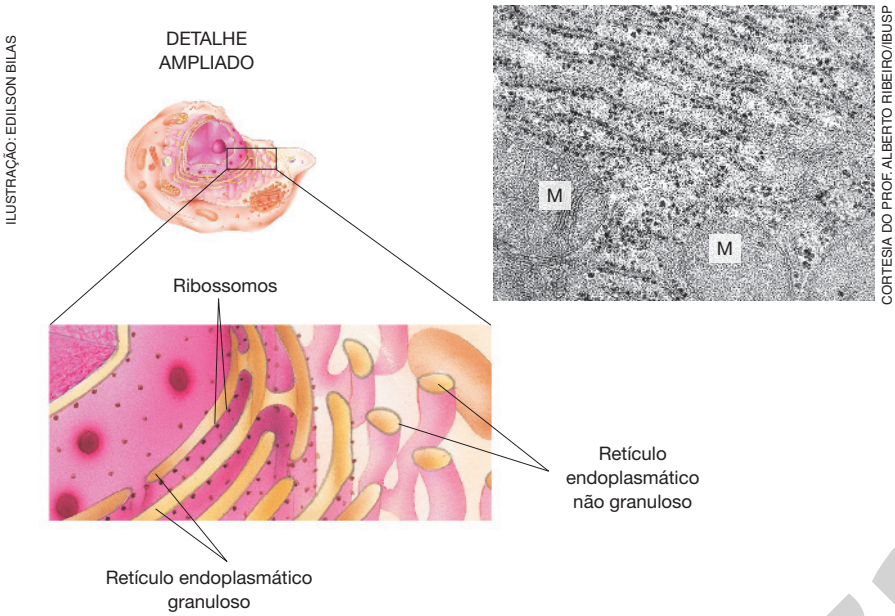


ILUSTRAÇÃO: EDILSON BILAS

CORTESIA DO PROF. ALBERTO RIBEIRO/IBUSP

Figura 8 À esquerda, representação tridimensional do retículo endoplasmático granuloso, ou rugoso (REG ou RER), e do retículo endoplasmático não granuloso, ou liso (RNG ou REL). Geralmente, o REG é constituído por bolsas membranosas achatadas, enquanto o RNG é formado por canais tubulares interligados. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) À direita, fotomicrografia de corte de célula animal mostrando retículo endoplasmático granuloso (REG) e mitocôndrias (M). (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 40.000 ×.)

Fonte: adaptada de MADER, S. S. *Biology*. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

O complexo golgiense

O **complexo golgiense**, ou complexo de Golgi, é uma estrutura citoplasmática constituída geralmente por 6 a 20 bolsas membranosas achatadas e empilhadas. No complexo golgiense, proteínas provenientes do retículo endoplasmático granuloso são modificadas, selecionadas e empacotadas dentro de vesículas membranosas, que podem permanecer no citoplasma ou ser "exportadas" para fora da célula.

O complexo golgiense é responsável pela **secreção celular**, processo de eliminação (exportação) de substâncias celulares úteis para fora da célula. Um exemplo de secreção celular é a liberação de enzimas digestivas pelas células do pâncreas.

O complexo golgiense também desempenha papel importante na formação dos espermatozoides, originando uma grande bolsa repleta de enzimas digestivas, o acrossomo (do grego *acros*, topo, e *somatos*, corpo), localizado na "cabeça" do gameta masculino. A função das enzimas acrossômicas é perfurar o envoltório do gameta feminino, o óvulo, permitindo a penetração do espermatozoide no momento da fecundação (Fig. 9).

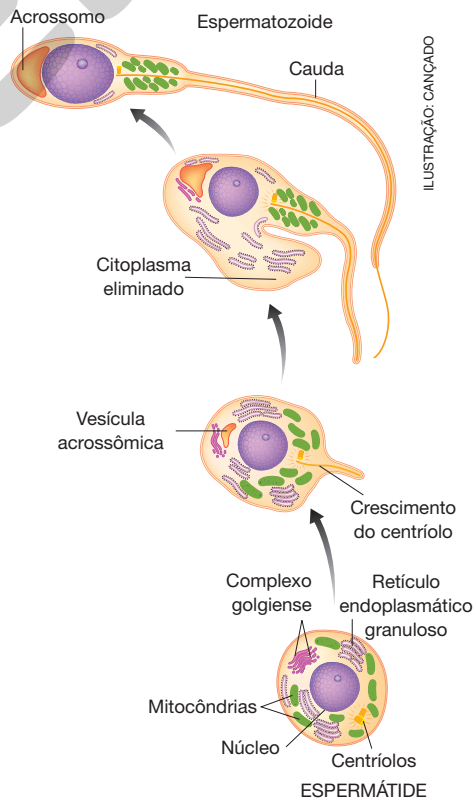


ILUSTRAÇÃO: CANÇADO

Figura 9 Esquema que representa a participação do complexo golgiense na formação do acrossomo do espermatozoide. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de DURAND, M.; FAVARD, P. *A célula*. São Paulo: Edgard Blücher/Edusp, 1972.

Os lisossomos e digestão intracelular

Os **lisossomos** (do grego *lise*, quebra, e *somatos*, corpo) são bolsas membranosas que contêm enzimas capazes de digerir grande variedade de substâncias orgânicas presentes no interior das células, processo denominado **digestão intracelular**.

As enzimas lisossômicas são sintetizadas no retículo endoplasmático granuloso e migram para o complexo golgiense, onde são empacotadas em bolsas membranosas; estas se desprendem do complexo e passam a circular no citoplasma, onde constituem os **lisossomos primários**. Estes podem se fundir a fagossomos, a pinossomos ou a bolsas membranosas com material da própria célula a ser reciclado, originando bolsas maiores dentro das quais ocorre a digestão intracelular. As bolsas onde ocorre a digestão intracelular são denominadas **lisossomos secundários**, ou **vacúolos digestivos**.

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

MODERNA

Quando a atuação dos lisossomos ocorre na digestão de partículas e substâncias vindas de fora da célula, fala-se em **função heterofágica** dos lisossomos (do grego *hetero*, diferente, e *fagos*, comer). Por outro lado, quando os lisossomos atuam na digestão de partes da própria célula, fala-se em **função autofágica** dos lisossomos (do grego *autos*, próprio) (Fig. 10).

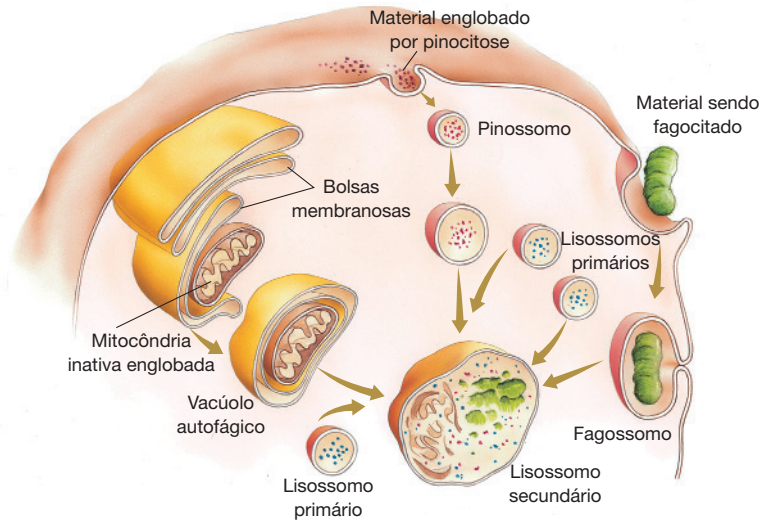


ILUSTRAÇÃO: EDILSON BILAS

Figura 10 Mais à direita e acima, materiais externos são capturados por fagocitose e por pinocitose; mais à esquerda, dentro da célula, uma mitocôndria não funcional é englobada por biomembranas. Nos dois casos, os lisossomos primários juntam-se às bolsas com material englobado e formam o vacúolo digestivo, onde a digestão ocorre. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

1. As duas principais substâncias orgânicas constituintes das biomembranas são
1.b
a) glicídios e ácidos nucleicos.
b) lipídios e proteínas.
c) glicídios (polissacarídios) e proteínas.
d) lipídios e ácidos nucleicos.

2. Associe cada organela citoplasmática das alternativas a seguir com a respectiva função apresentada nos itens 1 a 4. 1. a; 2. b; 3. d; 4. c

a) Complexo golgiense.
b) Lisossomo.
c) Retículo endoplasmático não granuloso.
d) Retículo endoplasmático granuloso.

1. Secreção celular.
2. Digestão intracelular.
3. Síntese de proteínas.
4. Síntese de lipídios.

O citoesqueleto

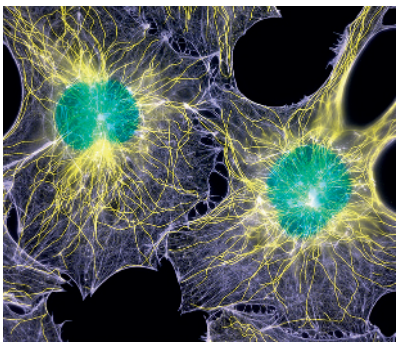
O **citoesqueleto** está presente no citoplasma de todas as células eucarióticas. O citoesqueleto é um conjunto estruturado de **microtúbulos**, constituídos da proteína tubulina, e de filamentos proteicos, entre eles **microfilamentos** de actina.

O citoesqueleto é uma estrutura dinâmica. Microtúbulos surgem e se desfazem continuamente por organização e desorganização das proteínas que os compõem. Filamentos da proteína miosina deslizam sobre filamentos de actina, levando a célula a mudar de forma, a criar pseudópodes, a movimentar o líquido citoplasmático e a exportar as secreções, entre vários outros movimentos celulares (Fig. 11).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Os lisossomos contêm enzimas digestivas capazes de degradar diversas substâncias orgânicas. Em certas situações, como no caso de uma pessoa inalar pó de amianto ou partículas silicosas, podem ocorrer doenças como a asbestose e a silicose, relacionadas aos lisossomos. Seu desafio é pesquisar, em livros ou em *sites* confiáveis da internet, qual é a relação entre os lisossomos e essas doenças. Escreva um pequeno texto no caderno explicando essa relação, bem como se há algum equipamento de segurança do trabalho que possa prevenir essas doenças. Debata com seus colegas sobre a necessidade de leis que protejam trabalhadores que se dedicam a atividades em que estão sujeitos à inalação de partículas de amianto e de sílica.



DR TORSTEN WITTMANN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 11 Fotomicrografia ao microscópio fotônico de duas células (fibroblastos) em que o citoesqueleto está evidenciado em amarelo (filamentos de tubulina) e em azul (filamentos de actina); os núcleos celulares estão colorizados em verde. (Microscópio de fluorescência iluminado com luz ultravioleta; aumento ≈ 600×; cores não naturais.)

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

MODERNA

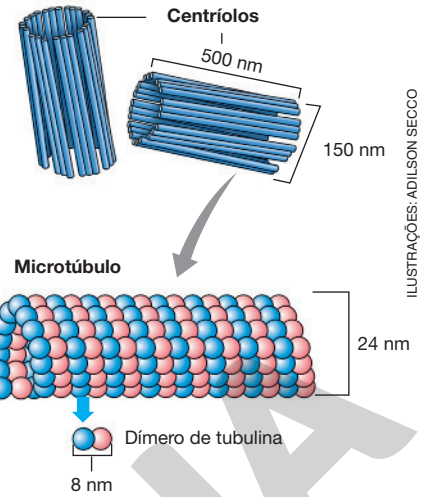
Centríolos, cílios e flagelos

Os **centríolos** são dois pequenos cilindros ocos, cada um constituído por nove conjuntos de três microtúbulos unidos por proteínas adesivas. A maioria das células eucarióticas, com exceção de certos fungos e de plantas com sementes (gimnospermas e angiospermas), apresenta pelo menos um par de centríolos em cada célula. Eles se localizam em uma região do citoplasma conhecida como **centrossomo**, ou centro celular, local para onde convergem os microtúbulos do citoesqueleto (Fig. 12).

Cílios e **flagelos** são estruturas filamentosas móveis presentes na superfície de certas células. Tanto os cílios quanto os flagelos surgem a partir de centríolos que migram para a periferia da célula e crescem pelo alongamento de dois microtúbulos de cada feixe de três, além de se formar um novo par de microtúbulos no interior do cílio ou flagelo. A membrana plasmática acompanha o crescimento dos microtúbulos e passa a envolvê-los como uma luva envolve os dedos. A estrutura interna de flagelos e cílios é idêntica: ambos apresentam nove duplas de microtúbulos periféricos e um par de microtúbulos centrais (Fig. 13).

A principal diferença entre cílios e flagelos refere-se ao comprimento, à sua quantidade na célula e ao tipo de movimentação que cada um apresenta. Os flagelos são mais longos que os cílios, ocorrem em menor número por célula, geralmente um ou dois, e se movimentam por meio de ondulações que se propagam da base para a extremidade livre. O cílios são mais curtos que os flagelos, ocorrem em número relativamente grande por célula, da ordem de dezenas ou centenas, e se movimentam de maneira semelhante aos batimentos de um chicote.

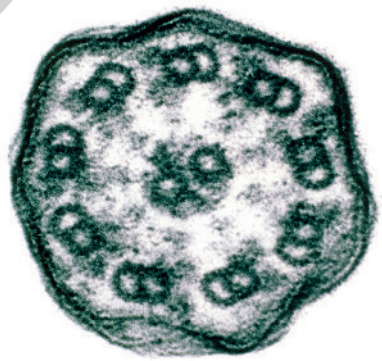
Flagelos e cílios permitem o deslocamento de células em meios líquidos, como ocorre com os gametas e certos protozoários, ou a movimentação de líquidos em relação à célula, como ocorre em certos protozoários e animais, cujos cílios criam correntes que arrastam partículas. Por exemplo, nossa traqueia é revestida internamente por células dotadas de cílios, que varrem continuamente para fora o muco que lubrifica as vias respiratórias, onde ficam grudadas bactérias e partículas inaladas com o ar.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 12 Acima, representação esquemática de um par de centríolos mostrando a estrutura de cada um: nove feixes de três microtúbulos dispostos em círculo. Embaixo, detalhe de um pedaço de microtúbulo mostrando o arranjo das moléculas de tubulina que o constituem. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.



DR. GOPAL MURTI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 13 Fotomicrografia de um cílio cortado transversalmente observado ao microscópio eletrônico de transmissão. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 100.000 ×.)

Mitocôndrias

Com exceção de um pequeno grupo de protozoários, todos os organismos eucarióticos apresentam **mitocôndrias**, organelas delimitadas por duas biomembranas. A membrana mitocondrial externa é lisa, enquanto a membrana interna apresenta dobras e pregas, denominadas cristas mitocondriais, que se projetam para o interior da organela. Na membrana interna das mitocôndrias situam-se substâncias fundamentais à respiração celular, processo em que moléculas orgânicas são metabolizadas e transformadas em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), com fornecimento de energia para as atividades celulares.

O espaço mitocondrial interno é preenchido por um fluido viscoso, a matriz mitocondrial, que contém diversas enzimas, DNA, RNA e ribossomos pequenos, semelhantes a ribossomos de bactérias. O processo de síntese de proteínas nas mitocôndrias é muito semelhante ao que ocorre nas bactérias (Fig. 14).

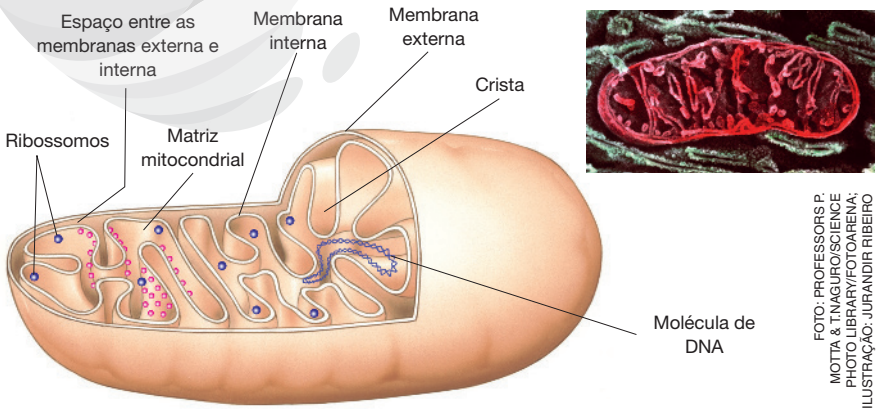


FOTO: PROFESSORS P. MOTTA & T NAGURO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA; ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

Figura 14 Representação esquemática de uma mitocôndria com uma parte removida para visualizar seus componentes internos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) No detalhe, acima à direita, micrografia de uma mitocôndria cortada longitudinalmente (em vermelho), circundada por tubos e bolsas membranosos do citoplasma, em verde. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 60.000 ×; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

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

MODELA

Uma mitocôndria sempre surge por autoduplicação de uma mitocôndria preexistente. Quando a célula se divide e origina duas células-filhas, cada uma delas recebe aproximadamente metade das mitocôndrias da célula-mãe. À medida que as duas células crescem, suas mitocôndrias se autoduplicam e restabelecem o número original.

A complexidade das mitocôndrias, sua capacidade de autoduplicação e sua semelhança bioquímica com bactérias têm levado cientistas a formular a hipótese de que essas organelas podem ter se originado de seres procarióticos primitivos que no passado se instalaram no citoplasma de primitivas células eucarióticas. Essa explicação para a origem das mitocôndrias, admitida também para os plastos, é conhecida por **hipótese endossimbiótica**.

Um fato interessante sobre as mitocôndrias é que, em animais com reprodução sexuada, essas organelas têm origem materna. Apesar de os gametas masculinos apresentarem mitocôndrias, elas degeneram logo após a fecundação, de modo que todas as mitocôndrias do zigoto e, consequentemente, de todas as células do novo indivíduo descendem das mitocôndrias provenientes do gameta feminino.

Cloroplastos

Cloroplastos são organelas encontradas apenas em células de algas e de plantas. Elas são responsáveis pela fotossíntese, processo de síntese de moléculas orgânicas a partir de gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), com utilização de energia da luz.

Apesar de a forma e o tamanho dos cloroplastos variarem entre os tipos de organismos, nas plantas eles têm forma levemente alongada e achatada, com cerca de 4 µm de comprimento por 1 a 2 µm de espessura. Células de folhas de cor verde intensa podem conter de 40 a 50 cloroplastos.

Os cloroplastos são delimitados por duas membranas lipoproteicas e seu interior é preenchido por um fluido que envolve um complexo de biomembranas, que formam bolsas discoidais achatadas e empilhadas denominadas tilacoides. As moléculas de **clorofila** presentes nos cloroplastos (do grego *chloros*, verde) estão dispostas de modo organizado nas membranas dos tilacoides, formando os chamados complexos de antena, muito eficientes na captação de energia luminosa para a realização da fotossíntese. O espaço entre os tilacoides, como já mencionamos, é preenchido por um fluido denominado estroma, que contém DNA, RNA e ribossomos semelhantes aos bacterianos, além de vários tipos de enzimas (Fig. 15).

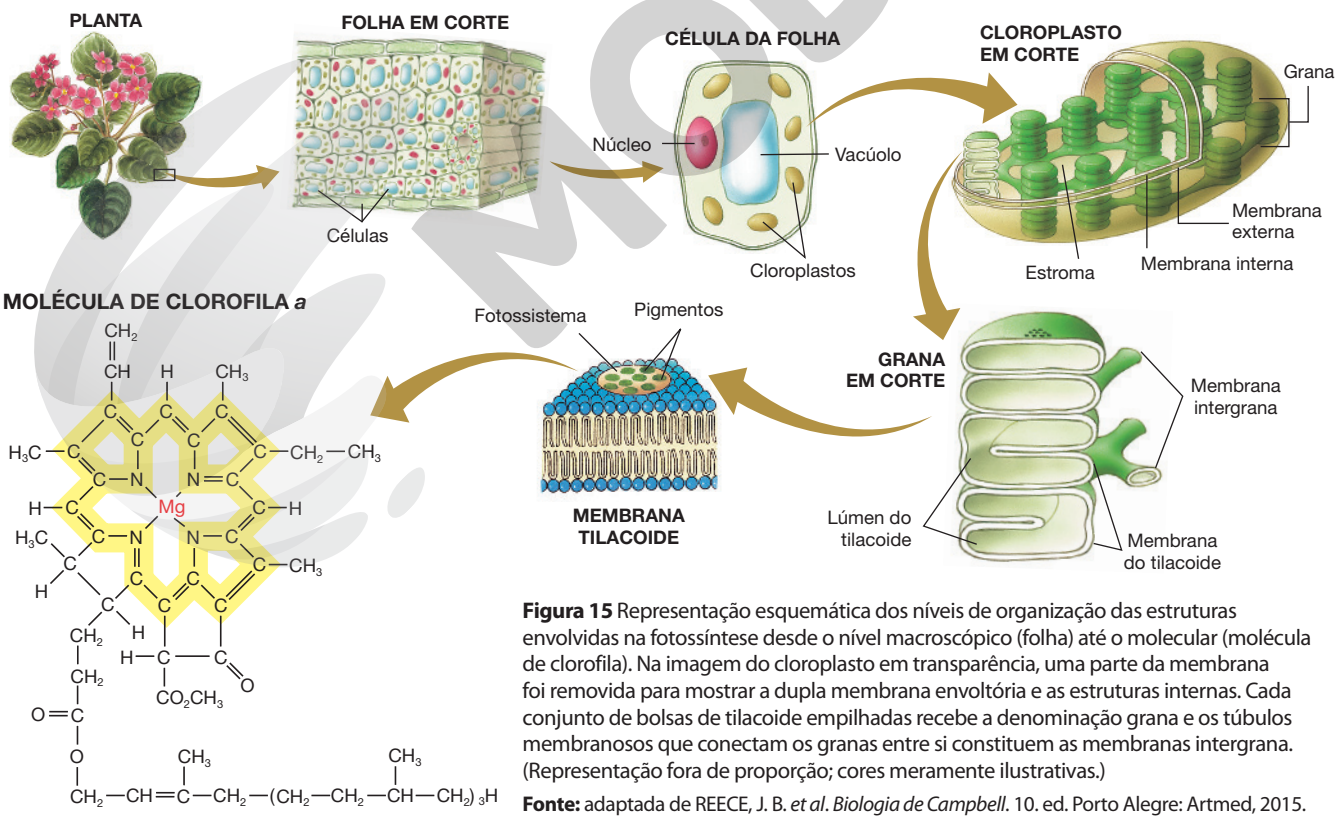


Figura 15 Representação esquemática dos níveis de organização das estruturas envolvidas na fotossíntese desde o nível macroscópico (folha) até o molecular (molécula de clorofila). Na imagem do cloroplasto em transparência, uma parte da membrana foi removida para mostrar a dupla membrana envoltória e as estruturas internas. Cada conjunto de bolsas de tilacoide empilhadas recebe a denominação grana e os túbulos membranosos que conectam os granas entre si constituem as membranas intergrana. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO

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

MODERNA

Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Pesquise em *sites* confiáveis da internet imagens de células secretoras do pâncreas e textos sobre o processo de secreção celular. Com base no resultado dessa pesquisa, desenhe pelo menos 5 estágios de uma animação em que uma célula acinosa do pâncreas secreta enzimas. No primeiro quadro, a célula estaria começando a produzir enzimas no REG (você pode representar as enzimas com uma cor, por exemplo), e ainda não teria sido eliminada nenhuma bolsa enzimática pelo complexo golgiense. Os estágios intermediários seriam: exportação das enzimas em bolsas para o complexo, maturação etc. Não se preocupe se achar que não desenha muito bem. O estágio final seria a liberação da secreção pela célula secretora. Se possível, fotografe cada estágio da atividade com um telefone celular com câmera ou outro aparelho eletrônico. Se dominar recursos de informática, faça uma animação digital do processo de secreção celular.

2. (UFC-CE) Células animais com função secretora apresentam abundância de retículo endoplasmático granuloso (rugoso) e complexo golgiense, estruturas que se localizam próximas uma à outra e que trabalham em conjunto. Nesse trabalho em parceria, o retículo endoplasmático granuloso 2. c

a) libera proteínas digestivas em vesículas denominadas lisossomos, que atuarão em conjunto com os tilacoides do complexo golgiense.

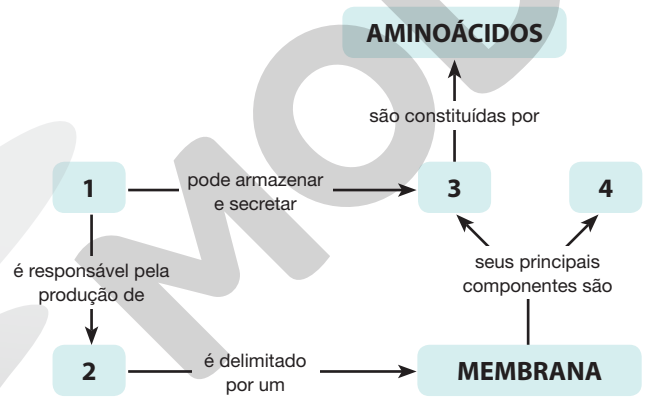
b) produz fosfolipídios de membrana que serão processados no complexo golgiense e liberados no citoplasma para formação de novos ribossomos.

c) sintetiza proteínas e as transfere para o complexo golgiense, que as concentra e as libera em vesículas, que terão diferentes destinos na célula.

d) funde-se ao complexo golgiense para formar o acrossomo dos espermatozoides, responsável pela digestão da parede do óvulo e pela penetração nele.

e) acumula os polissacarídios de parede celular, produzidos no complexo golgiense, e os processa, antes de liberar as vesículas que se fundirão com a membrana plasmática.

A questão 3 refere-se ao diagrama que relaciona os quatro conceitos apresentados a seguir.



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

3. Quais conceitos melhor correspondem aos números 1, 2, 3 e 4? 1. a; 2. c; 3. d; 4. b.

a) Complexo golgiense

b) Lipídio

c) Lisossomo

d) Proteína

4. Qual é a relação entre o retículo endoplasmático e o complexo golgiense na secreção de uma enzima por uma célula animal?

5. A nanotecnologia está embasada em conhecimentos da física, da química e da biologia, entre outras áreas. Nesta atividade, faça uma pesquisa na internet dirigida em "nanotecnologia na Física", "nanotecnologia na Química", "nanotecnologia na Biologia" e "nanotecnologia na Medicina". Após se informar sobre o tema, forme um grupo com colegas para elaborar um texto com o seguinte título: "Aspectos físicos, químicos e biológicos da nanotecnologia".

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

MODERNA

CAPÍTULO 8

CITOLOGIA (II): NÚCLEO CELULAR, CROMOSSOMOS E MITOSE

COLIN MCPHERSON/CORBIS HISTORICAL/GETTY IMAGES

Fotografia do cientista escocês Ian Wilmut ao lado da ovelha Dolly, o primeiro mamífero a ser clonado a partir do núcleo celular de um animal adulto. Em 2001, cientistas e técnicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) anunciaram a clonagem de Vitória, uma bezerra obtida a partir do núcleo de um embrião bovino da raça Simental.

O que antes era enredo de obras de ficção científica ocorreu em meados da década de 1990: a partir das informações genéticas contidas em um único núcleo celular, cientistas conseguiram trazer à luz uma ovelha idêntica à que cedeu o núcleo. A experiência desencadeou uma onda de reações mundiais, algumas delas temendo que o procedimento utilizado, chamado clonagem, também pudesse ser aplicado em seres humanos. Quais seriam os argumentos a favor ou contra a clonagem humana? Teria ela sido realizada às escondidas, como já foi anunciado?

Você é contra ou a favor da clonagem de seres humanos?

O primeiro experimento bem-sucedido de clonagem de um mamífero foi realizado pelo Dr. Ian Wilmut em duas raças de ovelhas. Belinda era uma ovelha de 6 anos de idade pertencente à raça Finnish-Dorset, de cor clara e uniforme. Em um experimento inédito, o núcleo de uma célula da glândula mamária de Belinda foi removido e transplantado para um óvulo previamente anucleado extraído de Fluffy, uma ovelha da raça Scottish Blackface, conhecida como cara-preta. Após um procedimento que envolvia um pequeno choque elétrico, o núcleo de Belinda incorporou-se ao citoplasma do óvulo de Fluffy e iniciou-se o desenvolvimento embrionário.

O embrião foi então implantado no útero da ovelha Lassie, também da raça Scottish Blackface, que serviu de "mãe de aluguel" para a gestação. Em 5 de julho de 1996, Lassie deu à luz Dolly, um clone de Belinda e, como era esperado, sua cópia exata.

Bastou um único núcleo celular de Belinda, convenientemente introduzido no citoplasma do óvulo de Fluffy, para originar Dolly, tão semelhante a Belinda como se fossem gêmeas idênticas. A clonagem da ovelha Dolly comprovou que o núcleo contém todas as instruções necessárias para o desenvolvimento e o metabolismo das células e, consequentemente, do organismo.

A impressionante experiência que produziu Dolly comprova a validade do conhecimento científico produzido no campo da Genética e reforça a ideia de que todas as instruções para os seres vivos serem o que são – bactérias, amebas, alfaces ou pessoas – estão codificadas em suas moléculas de DNA.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT202**
- **EM13CNT207**
- **EM13CNT302**
- **EM13CNT303**
- **EM13CNT304**
- **EM13CNT307**
- **EM13CNT310**
- **EM13CHS106**

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

COMERCIAL

A elaboração do modelo da molécula de DNA, que rendeu ao biólogo americano James Watson (1928-) e ao físico britânico Francis Crick (1916-2004) um Prêmio Nobel, teve também a participação de outros pesquisadores, como o fisiologista neozelandês Maurice Wilkins (1916-2004), também ganhador do Nobel, e a química britânica Rosalind Franklin (1920-1958), cujas análises por meio da técnica de difração de raios X ajudaram Watson e Crick a formular o modelo da dupla-hélice para o DNA.

1. Organização do núcleo celular

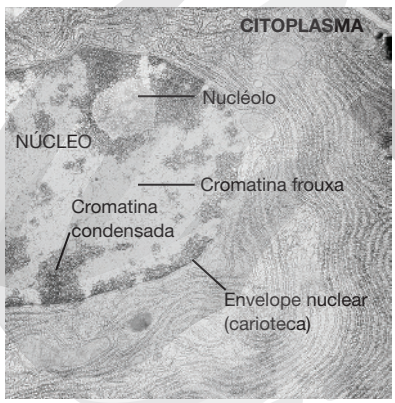
O **núcleo celular**, típico de células eucarióticas, é delimitado pela **carioteca**, ou envelope nuclear, constituída por duas membranas lipoproteicas. A carioteca apresenta poros através dos quais ocorre a troca de moléculas grandes, como RNA e proteínas, entre o núcleo e o citoplasma. Os poros da carioteca atuam como válvulas, abrindo-se para dar passagem a determinadas moléculas e fechando-se em seguida (Fig. 1).

Cromatina e nucléolo

O núcleo celular é quase totalmente preenchido por um material filamentoso que adquire cor intensa com o tratamento com certos corantes. Por esse motivo, o material nuclear foi denominado **cromatina** (do grego *chromatos*, cor) por citologistas pioneiros. Mais tarde verificou-se que a cromatina é um emaranhado de fios denominados **cromossomos**, cujo principal constituinte é o **DNA** (sigla em inglês do ***d****eoxiribo****n****ucleic* ***a****cid,* o ácido desoxirribonucleico).

No interior do núcleo há geralmente uma ou mais estruturas globulares densas, denominadas **nucléolos**, constituídas pela aglomeração de ribossomos em formação. Um importante componente dos ribossomos e dos nucléolos é o RNA ribossômico, produzido em certas regiões de determinados cromossomos.

A cromatina e os nucléolos ficam mergulhados em uma solução aquosa denominada **cariolinfa**, ou **nucleoplasma**, que contém substâncias como moléculas de ATP, nucleotídios, enzimas etc. (Fig. 2).



PROF. ALBERTO RIBEIRO/IBUSP

Figura 2 Fotomicrografia de um corte de célula animal mostrando os principais constituintes do núcleo. Note que a cromatina se apresenta mais densamente condensada na periferia do núcleo e mais frouxa em sua região central. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 37.000 ×.)

2. A arquitetura dos cromossomos

O cromossomo é constituído por uma longa molécula de DNA associada a proteínas. A molécula de DNA enrola-se, em espaços regulares, sobre um grânulo proteico. O grânulo e o segmento de DNA enrolado sobre ele constituem a unidade estrutural mais básica do cromossomo, denominada **nucleossomo**.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

O objetivo desta atividade é aprofundar os conhecimentos sobre este tema apaixonante: a clonagem. Em princípio, seria possível criar um exército de pessoas idênticas clonadas a partir de um único indivíduo ou aplicar a técnica em inúmeras outras utilizações. Forme um grupo de colegas para pesquisar as técnicas de clonagem em *sites* confiáveis da internet, desde a ovelha Dolly até o primeiro clone brasileiro, a bezerra Vitória. Sugerimos que os grupos concretizem seu trabalho em um texto opinativo com suas posições a respeito do assunto e organizem um debate com as diferentes opiniões.

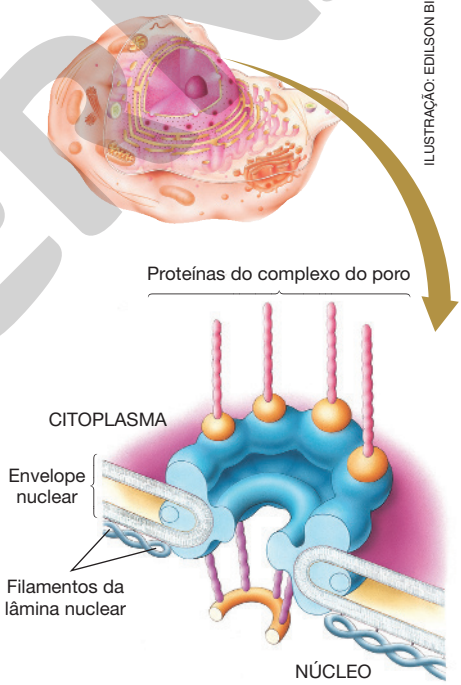


ILUSTRAÇÃO: EDILSON BILAS

Figura 1 Modelo tridimensional de um poro da carioteca em corte. Cada poro é guarnecido por uma estrutura com cerca de 30 nm de diâmetro denominada complexo do poro, formada por dezenas de tipos diferentes de proteínas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de COOPER, G. M. *The cell*: a molecular approach. 2. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2000.

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

MODERNA

Nucleossomos vizinhos associam-se de modo que o filamento cromossômico enrola-se como uma mola helicoidal compacta, formando um filamento mais grosso, com cerca de 30 nm de espessura. Este, por sua vez, associa-se a proteínas encarregadas de dar sustentação esquelética ao cromossomo, o que resulta em um fio ainda mais grosso, da ordem de 300 nm. Quando a célula entra em processo de duplicação, o **filamento cromossômico** enrola-se ainda mais sobre si mesmo, assumindo um estado altamente condensado, com cerca de 700 nm de espessura (0,7 µm) (Fig. 3).

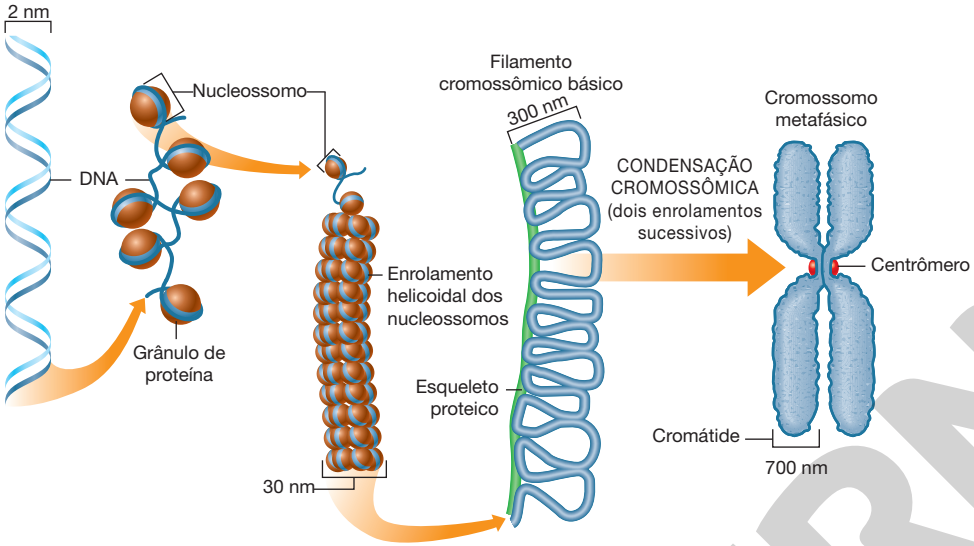


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 3
Representação esquemática dos níveis de organização do cromossomo em organismos eucarióticos. Acompanhe com as explicações do texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)
Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Cromátides-irmãs e centrômero

Um dos principais eventos que antecedem a duplicação celular (ou divisão celular) é a **duplicação dos cromossomos**. Ao se duplicar, cada cromossomo produz outro cromossomo idêntico, e ambos permanecem unidos por proteínas especiais em um ponto denominado **centrômero**. Enquanto ainda estão unidas, as duas cópias de um cromossomo duplicado são denominadas **cromátides-irmãs**.

Durante a divisão celular, cada cromátide condensa-se independentemente de sua irmã, encurtando-se e tornando-se mais grossa. O cromossomo assume, então, o aspecto de bastonetes duplos unidos pelo centrômero (Fig. 4).

POWE AND SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 4
Fotomicrografia de cromossomos humanos condensados durante a divisão celular. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 4.500×; cores meramente ilustrativas.)

Cromossomos homólogos

O número de cromossomos presentes no núcleo celular varia entre as espécies. Por exemplo, nas células corporais – células somáticas – de uma pessoa, há 46 cromossomos. Por sua vez, as células somáticas de um chimpanzé têm 48 cromossomos e as da mosca *Drosophila melanogaster* têm 8 cromossomos.

Óvulos e espermatozoides, que são as células gaméticas, têm metade do número de cromossomos presentes nas células somáticas. Isso possibilita que, quando um espermatozoide se une a um óvulo no momento da fecundação, os conjuntos cromossômicos dos dois gametas reúnam-se na primeira célula diploide do novo organismo, o **zigoto**. Os cromossomos do zigoto se duplicam pouco antes de ele se dividir, fazendo com que, ao final da primeira divisão, cada célula-filha receba réplicas exatas dos cromossomos herdados dos dois genitores. O processo se repetirá a cada divisão celular e todas as células do novo ser terão réplicas dos cromossomos originalmente presentes no zigoto, metade recebida da mãe e metade, do pai.

No zigoto e nas células somáticas, cada cromossomo de origem materna tem um correspondente de origem paterna, ou seja, essas células apresentam pares de cromossomos. Uma célula humana, por exemplo, tem 23 cromossomos de origem materna, provenientes do óvulo, e 23 de origem paterna, provenientes do espermatozoide. Os dois representantes de cada par cromossômico, um herdado do pai e outro, da mãe, são chamados de **cromossomos homólogos** (do grego *homoios*, igual, semelhante).

MODERNA

Cromossomos homólogos apresentam instruções genéticas semelhantes, ou seja, possuem os mesmos tipos de genes localizados nas mesmas posições relativas, ao longo de seu comprimento. Genes com instruções semelhantes e localizados na mesma posição relativa em cromossomos homólogos são chamados de **genes alelos**.

Cromossomos sexuais e autossomos

Na maioria das espécies animais, as células de machos diferem das células de fêmeas com relação a um dos pares de cromossomos. Na espécie humana, por exemplo, as células somáticas das mulheres apresentam 22 pares de cromossomos homólogos, assim como ocorre nos homens. Entretanto, enquanto nas mulheres o 23º par é composto de dois cromossomos homólogos, denominados cromossomos X, nos homens esse 23º par é composto de um cromossomo X, semelhante ao das mulheres, e um cromossomo Y, típico do sexo masculino. Os cromossomos X e Y, que diferem em células masculinas e femininas, apresentam apenas pequenas regiões homólogas e são chamados de **cromossomos sexuais**. Os demais pares de cromossomos, semelhantes em ambos os sexos, são denominados **autossomos**.

Assim, as células somáticas de uma pessoa (exceto os gametas) apresentam 22 pares de autossomos (A) e um par de cromossomos sexuais, totalizando 46 cromossomos. A "fórmula" cromossômica da mulher seria 22AA + XX, ou 46, XX, enquanto a do homem seria 22AA + XY, ou 46, XY.

O conjunto de cromossomos de uma célula constitui seu **cariótipo** (do grego *karyon*, núcleo, e *typos*, forma) (Fig. 5).

Nos óvulos humanos há 23 cromossomos, sendo 22 autossomos (um de cada tipo) e um cromossomo sexual X. Nos espermatozoides humanos também há 23 cromossomos, sendo 22 autossomos e um cromossomo sexual, que pode ser o X ou o Y. Cerca de metade dos espermatozoides produzidos por um homem apresenta um cromossomo X e a outra metade apresenta um cromossomo Y.

A determinação do sexo de um novo indivíduo ocorre no momento da fecundação: se um espermatozoide portador de um cromossomo X fecundar um óvulo, sempre portador de um X, o zigoto será do sexo feminino (XX); se o espermatozoide for portador de um cromossomo Y, o zigoto será do sexo masculino (XY).

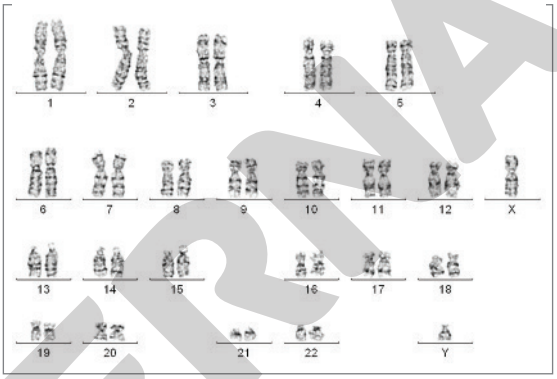
Células que apresentam pares de cromossomos homólogos, como as células somáticas do corpo humano, são **células diploides** (do grego *diplos*, duplo), representadas pela sigla ***2n***. Por sua vez, células como os gametas, em que há apenas um cromossomo de cada tipo, são chamadas de **células haploides** (do grego *haplos*, simples), sendo representadas pela sigla ***n***.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Para conhecer um lado mais "humano" dos laboratórios científicos, pesquise sobre a contribuição de Rosalind Franklin na pesquisa da estrutura do DNA.

Seu desafio nesta atividade é encontrar, por meio de pesquisas na internet, outras mulheres cientistas cuja contribuição tenha sido relevante para a Ciência. Com os colegas e o professor, programe maneiras para apresentar as informações coletadas à classe. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)



PR PHILIPPE, ISM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 5 Fotomicrografia de um cariótipo humano masculino, em que os cromossomos homólogos foram ordenados de acordo com o tamanho e a posição do centrômero. As faixas transversais, típicas de cada cromossomo, são obtidas por meio de um tratamento químico especial e permitem identificar claramente os diferentes tipos cromossômicos. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 1.500 ×.)

3. Citogenética humana

A **Citogenética humana**, ramo relativamente recente da Biologia, estuda os cromossomos da espécie humana. Foi apenas em 1956 que ficou definitivamente demonstrado que tanto homens como mulheres têm 46 cromossomos nas células. Atualmente os cientistas têm condições de identificar pessoas com problemas cromossômicos e prever o risco de seus filhos virem a ser afetados por certas doenças hereditárias. Esses procedimentos fazem parte de um ramo da Genética denominado **aconselhamento genético**.

A técnica mais empregada para o estudo dos cromossomos humanos baseia-se no cultivo, em tubos de ensaio, de um tipo de glóbulo branco do sangue, os linfócitos. Os linfócitos são isolados das outras células sanguíneas e colocados em frascos com uma solução nutritiva, à qual se adiciona fitoemaglutinina, substância de origem vegetal que induz os linfócitos a se dividirem.

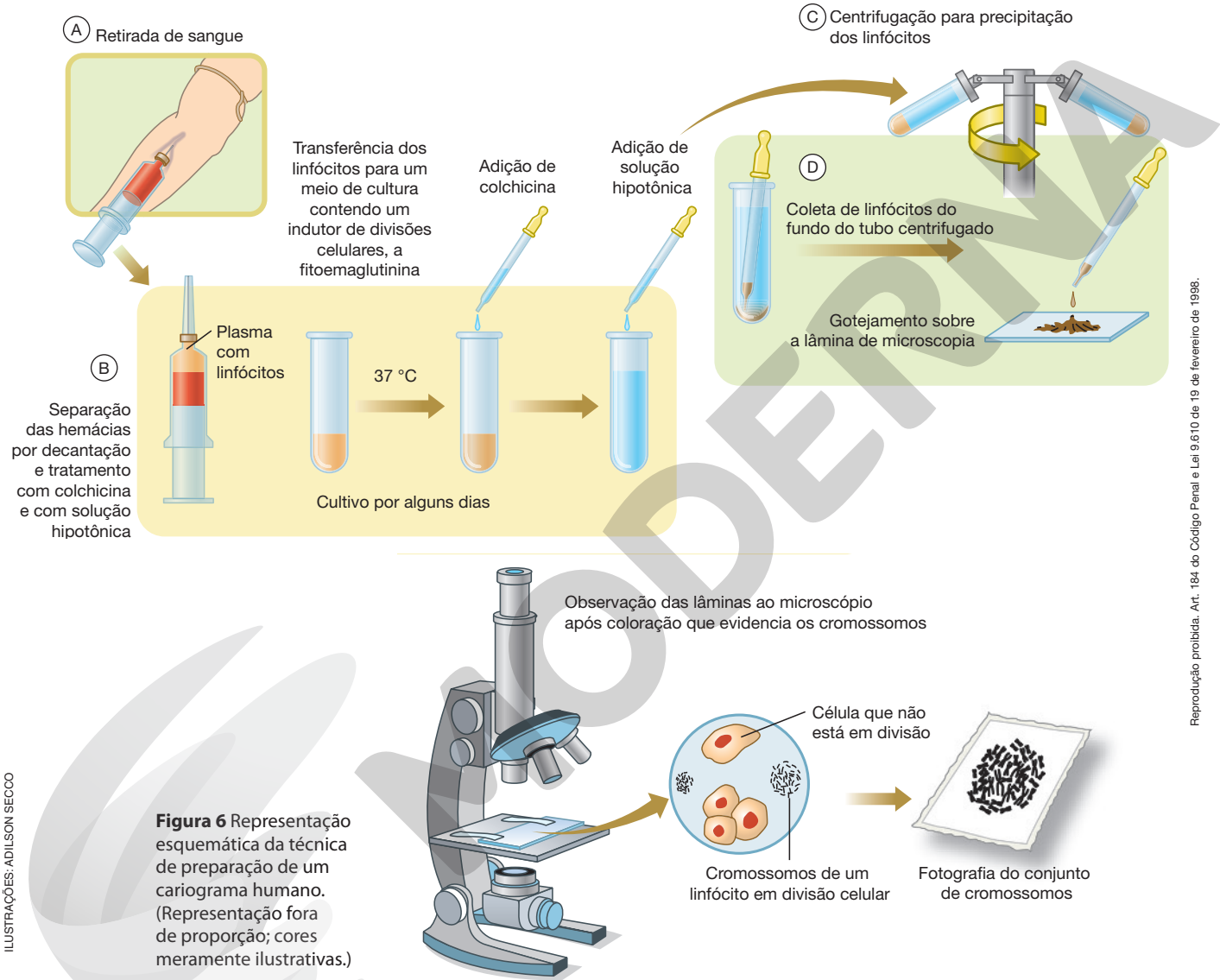
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Depois de alguns dias, acrescenta-se ao frasco de cultivo colchicina, outra substância de origem vegetal, que interrompe a divisão celular no estágio em que os cromossomos estão bem condensados, facilitando sua observação. Algumas horas depois da adição de colchicina, acrescenta-se ao tubo de cultivo uma solução hipotônica que faz os linfócitos incharem.

Quando gotas da solução contendo linfócitos são pingadas a certa distância sobre lâminas de vidro para microscopia, os linfócitos inchados arrebentam e liberam os cromossomos, que aderem à lâmina e podem ser colorizados e examinados ao microscópio fotônico.

O pesquisador escolhe um conjunto completo de cromossomos na lâmina de microscopia e o fotografa. Os cromossomos são separados na fotografia e organizados por ordem decrescente de tamanho e de acordo com a posição dos centrômeros. Essa montagem fotográfica é chamada de **cariograma** (Fig. 6).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6 Representação esquemática da técnica de preparação de um cariograma humano. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Alterações cromossômicas na espécie humana

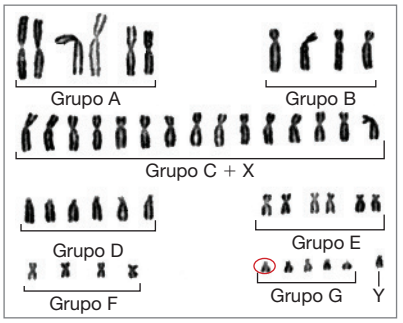
Na espécie humana, como em outras espécies, podem nascer indivíduos com alterações cromossômicas em relação ao cariótipo normal. Essas alterações geralmente provocam transtornos ao funcionamento celular, levando à morte ou causando doenças graves, dependendo do cromossomo alterado.

Alterações na estrutura de um ou mais cromossomos são denominadas **alterações cromossômicas estruturais**. Por exemplo, a perda de um pedaço cromossômico é uma alteração estrutural denominada **deleção cromossômica**; a troca de pedaços entre cromossomos não homólogos é denominada **translocação**. Há também alterações decorrentes de erros no processo de divisão celular que afetam o número de cromossomos da célula, conhecidas como **alterações cromossômicas numéricas**.

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

Síndrome de Down

Uma alteração cromossômica numérica bem estudada na espécie humana é a **trissomia do cromossomo 21**, assim chamada porque as células da pessoa afetada apresentam três exemplares desse tipo cromossômico em vez de um par, como seria comum. Pessoas com essa alteração cromossômica podem apresentar uma série de características típicas, entre elas atraso no desenvolvimento mental, anomalias cardíacas, hipotonia (fraqueza muscular), estatura bem abaixo da média, prega única nas palmas das mãos e olhos com fendas palpebrais oblíquas (o que lhes confere um aspecto amendoado, daí um nome antigo da síndrome, mongolismo). O conjunto de traços clínicos da trissomia do cromossomo 21 caracteriza a **síndrome de Down**, assim chamada em homenagem ao seu descobridor, John Langdon Haydon Down (1828-1896), médico britânico que descreveu a síndrome em 1866, mas que só foi associada à trissomia cromossômica em 1959 (Fig. 7).



PROF. ANGELA MORGANTE/IBUSP

Figura 7 Cariograma de pessoa do sexo masculino com síndrome de Down. O cromossomo 21 extranumerário está destacado pelo círculo vermelho. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 1.100×.)

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Síndrome de Turner e síndrome de Klinefelter

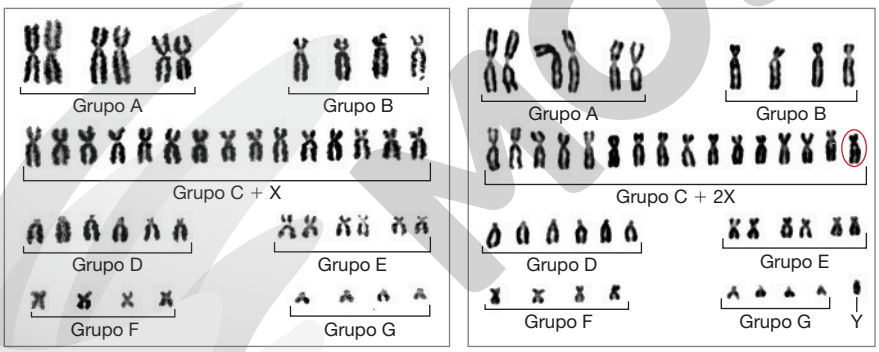
Outros exemplos de alteração no número de cromossomos na espécie humana são a síndrome de Turner e a síndrome de Klinefelter.

Pessoas com **síndrome de Turner** têm apenas um cromossomo (monossomia) do par sexual em suas células, o cromossomo X; o número de autossomos (A) é normal (22 pares). Assim, pode-se escrever a fórmula cromossômica da síndrome de Turner como 22AA + X0, em que zero representa a falta de um cromossomo do par sexual. Pessoas com Turner são sempre do sexo feminino e as principais características da síndrome são problemas no desenvolvimento dos órgãos genitais, infertilidade, atraso mental leve (em certos casos), estatura bem abaixo da média e desenvolvimento de pregas de pele nas laterais do pescoço.

Pessoas com **síndrome de Klinefelter** têm três cromossomos sexuais nas células, sendo dois X e um Y. A fórmula cromossômica da síndrome de Klinefelter é 22AA + XXY. Pessoas com Klinefelter são sempre do sexo masculino e as principais características da síndrome são problemas no desenvolvimento dos órgãos genitais, geralmente acompanhados de infertilidade e retardo mental leve (Fig. 8).

Dialogando com o texto

É importante que todos compreendam a importância da inclusão social de pessoas com deficiências diversas, entre elas a síndrome de Down. A compreensão e a valorização do potencial das pessoas Down já fazem parte da política de diversas instituições e empresas. Utilize a internet para se informar a respeito desse assunto. Após suas pesquisas, redija um texto sobre o que descobriu de mais interessante. Se conhecer pessoas com síndrome de Down ou alguma outra relacionada aos cromossomos, inclua essas informações no texto. Compare-o com o de seus colegas e discuta com eles: qual é a importância desse tipo de política?



FOTOS: PROF. ANGELA MORGANTE/IBUSP

Figura 8 À esquerda, cariograma de pessoa com síndrome de Turner (22AA + X0), sempre do sexo feminino. À direita, cariograma de pessoa com síndrome de Klinefelter (22AA + XXY), sempre do sexo masculino. No círculo vermelho, o cromossomo X extranumerário. (Microscópio fotônico; aumento ≈ 1.050×.)

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

1. Justifique ou conteste a seguinte afirmação: "Células procarióticas não têm núcleo; como as hemácias humanas não têm núcleo, elas são, portanto, células procarióticas".

2. Cromossomos homólogos são aqueles que 2. c
a) diferem entre os sexos.
b) estão presentes tanto em machos quanto em fêmeas.
c) apresentam genes equivalentes, localizados nas mesmas posições relativas.
d) distinguem células somáticas de gametas.

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

MODELO

4. Dividir para multiplicar: mitose

Enquanto você lê este texto, milhões de células de seu corpo estão se reproduzindo: células mais internas da pele multiplicam-se continuamente, substituindo as camadas celulares mais externas, que vão morrendo e se soltando da epiderme. No interior de certos ossos, há células em contínua multiplicação que originam os glóbulos brancos e as hemácias do sangue. Cabelos e unhas crescem pela incessante multiplicação de células presentes no folículo piloso e na base das unhas.

O ciclo celular

O período que vai do surgimento de uma célula por divisão até que ela se divida em duas é denominado ciclo celular. Este ciclo é composto por duas etapas: a interfase e a divisão celular.

Interfase é o período compreendido entre duas divisões celulares consecutivas. A divisão celular, por sua vez, compreende dois processos: **mitose** (duplicação do núcleo) e **citocinese** (divisão do citoplasma).

A interfase é subdividida em três períodos menores, ou subfases: G1, S e G2. A sigla S deriva da palavra inglesa *synthesis*, em referência à síntese de DNA que ocorre nesse período, quando os cromossomos são duplicados. As siglas G1 e G2 derivam da palavra inglesa *gap*, ou intervalo, e designam os momentos anterior e posterior à duplicação do DNA (Fig. 9).

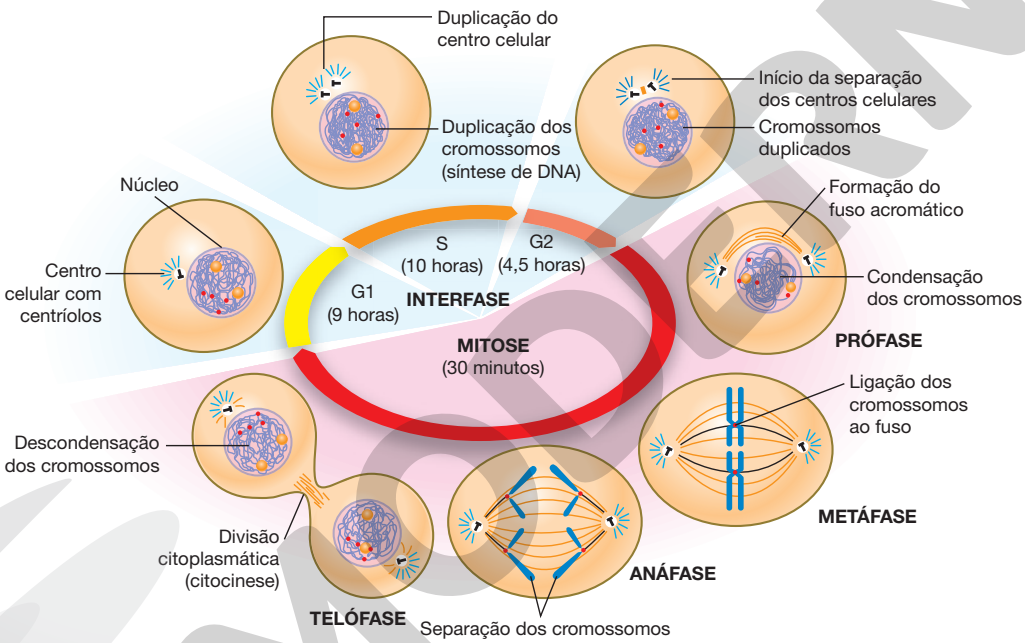


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 9 Representação esquemática do ciclo celular. Para enfatizar a mitose, as áreas de cada fase do ciclo foram representadas em escalas diferentes; o tempo aproximado de cada fase é mostrado entre parênteses. De fato, em um ciclo celular de 24 horas, a mitose representa pouco mais de 30 minutos. Nas células humanas, a mitose dura, em média, entre 30 e 60 minutos, desde o início da condensação cromossômica até a formação dos dois núcleos-filhos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Mitose

O termo **mitose** deriva da palavra grega *mitos*, que significa filamento, referindo-se ao fato de os filamentos cromossômicos condensarem-se e tornarem-se cada vez mais espessos durante o processo mitótico. Ao longo da mitose ocorrem eventos marcantes, que foram escolhidos pelos cientistas para dividir o processo mitótico em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Prófase

A **prófase** (do grego *protos*, primeiro) caracteriza-se pela condensação dos cromossomos, que se tornam progressivamente mais curtos e mais grossos. Quando condensado, o cromossomo é praticamente inativo, o que explica por que os nucléolos desaparecem durante a prófase: ao se condensar, a região cromossômica que organiza o nucléolo torna-se inativa e deixa de produzir RNA ribossômico, principal componente nucleolar.

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

Na prófase, forma-se o **fuso acromático**, ou fuso mitótico, um conjunto de microtúbulos orientados de um polo a outro da célula e cuja função é capturar e distribuir os cromossomos para as células-filhas (Fig. 10).

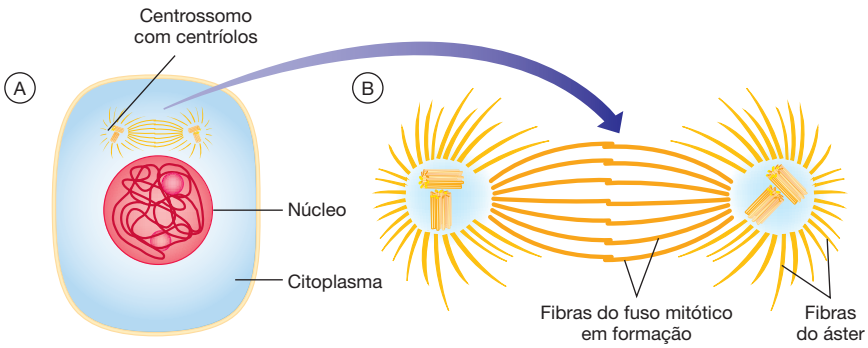


Figura 10 (A) Representação esquemática de uma célula animal em início de prófase, com o fuso mitótico em formação. (B) Representação em maior aumento da organização geral do fuso, com microtúbulos entre os centros celulares ocupados pelos centríolos e o áster em torno de cada um. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Metáfase

A **metáfase** (do grego *meta*, meio) caracteriza-se pela ligação dos cromossomos às fibras do fuso acromático e seu posicionamento na região equatorial (mediana) da célula. Nessa fase, microtúbulos provenientes dos centrossomos crescem e "fisgam" os cromossomos, capturando-os pelo **cinetócoro**, estrutura presente na região do **centrômero**. Quando o cinetócoro de uma cromátide é capturado por microtúbulos ligados a um dos polos celulares, o cinetócoro da cromátide-irmã vira-se para o polo oposto, sendo logo capturado por microtúbulos provenientes desse polo. Assim, as cromátides-irmãs de cada cromossomo acabam presas a polos opostos da célula (Fig. 11).

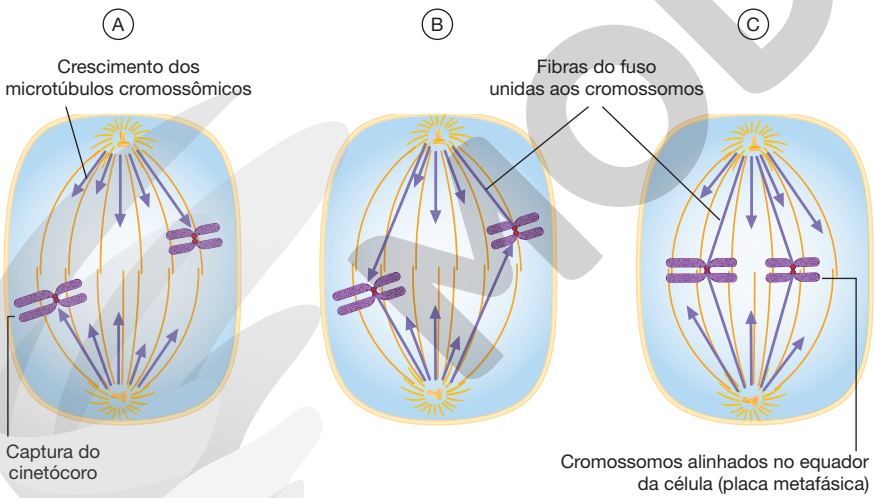


Figura 11 Representação esquemática do processo de união dos cromossomos ao fuso mitótico durante a metáfase. (A) Captura dos cromossomos por microtúbulos de um dos polos. (B) Ligação de microtúbulos do outro polo ao cinetócoro da cromátide-irmã. (C) Alinhamento dos cromossomos na região mediana da célula, formando a placa metafásica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Anáfase

Na **anáfase** (do grego *ana*, separação), ocorre a separação das cromátides-irmãs, puxadas para polos opostos da célula pelo encurtamento das fibras do fuso. A anáfase termina quando os cromossomos chegam aos polos celulares (Fig. 12).

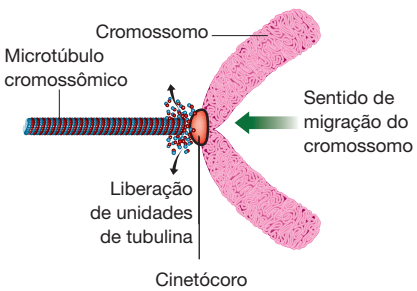


Figura 12 Representação esquemática do encurtamento dos microtúbulos que puxam os cromossomos para os polos. O encurtamento das fibras ocorre pela desagregação controlada das moléculas constituintes dos microtúbulos perto dos cinetócoros. Foi representado apenas um microtúbulo, em ampliação muito maior que a do cromossomo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

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

ILUSTRAÇÕES: CANÇADO

MODERNA

Telófase

Na **telófase** (do grego *telos*, fim), última fase da mitose, os cromossomos se descondensam, e novas cariotecas reorganizam-se ao redor de cada conjunto cromossômico, reconstituindo dois novos núcleos. Com a descondensação, os cromossomos voltam progressivamente à atividade, o que é evidenciado visualmente pelo reaparecimento dos nucléolos, devido à retomada da produção do RNA que constituirá os ribossomos.

A divisão por mitose é **equacional**, uma vez que origina núcleos-filhos com o mesmo número e os mesmos tipos de cromossomos da célula-mãe. Células diploides (2*n*) originam, por mitose, duas células diploides. Células haploides (*n*) originam duas células haploides (Fig. 13).

Citocinese

Durante a reorganização dos núcleos-filhos, os microtúbulos do fuso desagregam-se e ocorre a **citocinese**, processo em que o citoplasma celular divide-se em dois. A citocinese conclui a divisão celular, com a formação de duas células-filhas idênticas do ponto de vista cromossômico.

Em células animais e de protozoários, a citocinese ocorre por estrangulamento na região equatorial, causado pela ação de filamentos contráteis de actina e miosina, também responsáveis pela contração das células musculares. Por ter início na periferia da célula e avançar para o centro, esse tipo de divisão citoplasmática é chamado de **citocinese centrípeta**.

Nas células das plantas, no final da telófase, bolsas membranosas repletas do polissacarídio pectina depositam-se na região equatorial da célula e fundem-se originando o fragmoplasto, placa que cresce do centro da célula para a periferia, até encostar na parede celulósica e separar as células-filhas. Por ocorrer do centro para a periferia celular, a divisão do citoplasma nas células vegetais recebe o nome de **citocinese centrífuga** (Fig. 14).

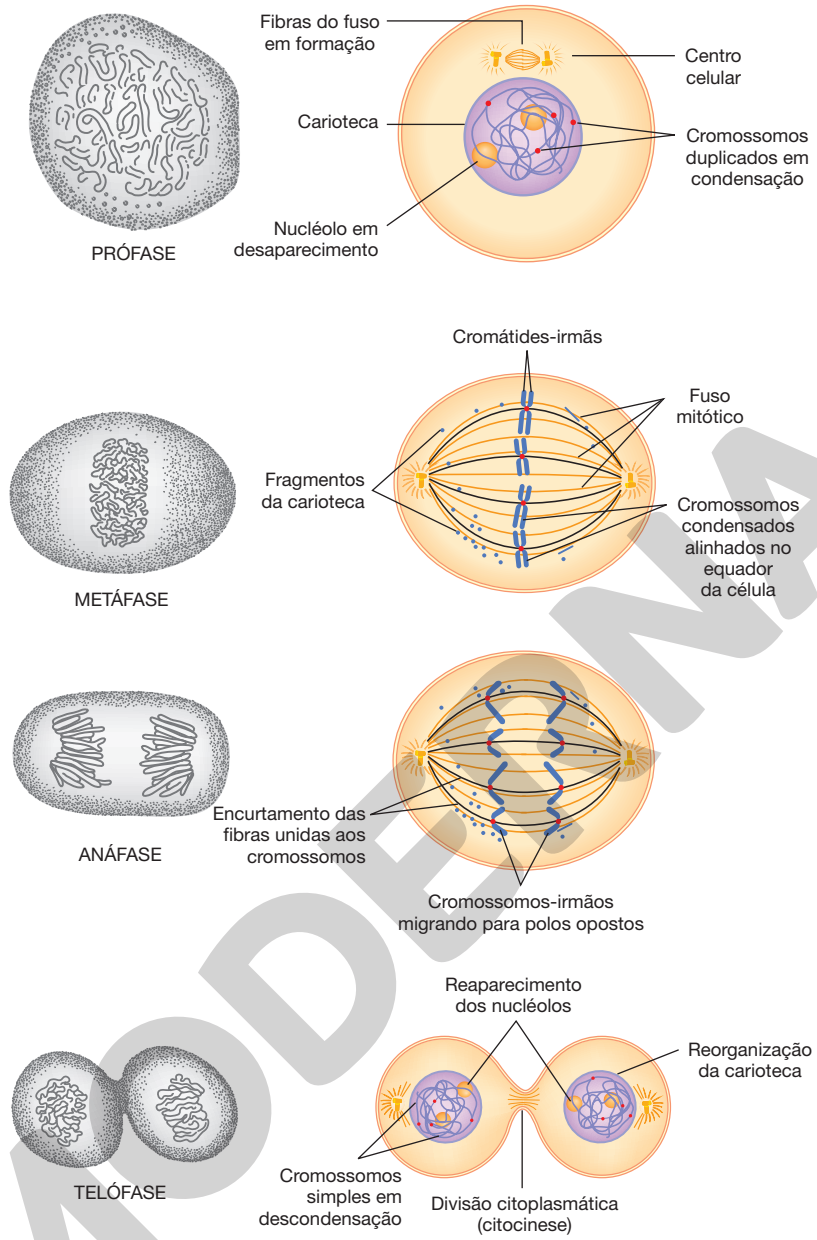


Figura 13 De cima para baixo, representação esquemática da sequência de fases da mitose. À esquerda, em preto e branco, desenhos publicados em 1882 pelo citologista alemão Walther Flemming (1843-1905), considerado o descobridor da mitose. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

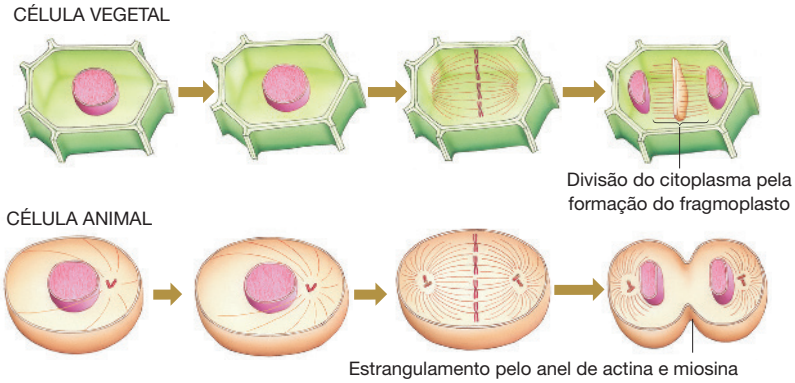


Figura 14 Representação esquemática que compara a divisão de uma célula vegetal com a de uma célula animal. Note a ausência do áster (fibras orientadas como raios em torno do centro celular) na célula vegetal e as diferenças no processo de citocinese, centrífuga no primeiro caso e centrípeta no segundo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de LODISH, H. *et al. Biologia celular e molecular*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

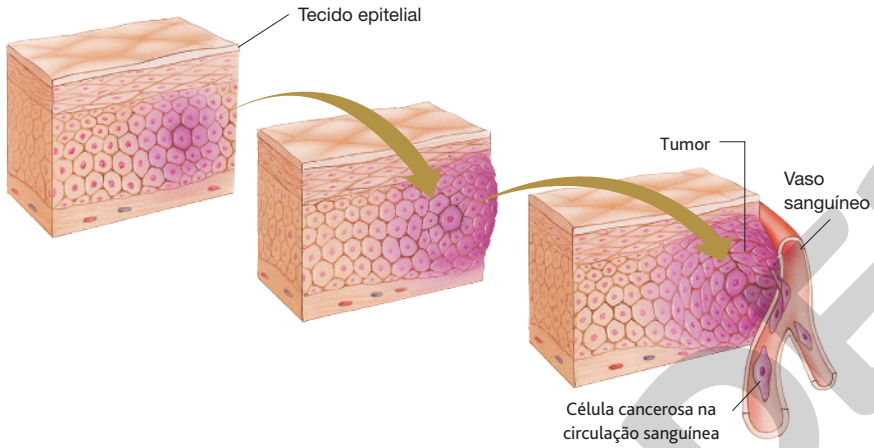
ILUSTRAÇÕES: CANÇADO
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
MODERNA

Divisão celular e câncer

Durante a vida de um animal as divisões celulares ocorrem de maneira controlada. Ao longo do desenvolvimento embrionário e das fases jovens da vida, as divisões celulares são intensas e os diversos órgãos se formam e crescem até atingir seu tamanho definitivo. Na fase adulta o ritmo das divisões celulares diminui e elas passam a ocorrer apenas quando é necessário repor as células que morrem naturalmente ou em consequência de acidentes.

Entretanto, certas alterações genéticas podem danificar o sistema de controle da divisão celular, levando uma célula a se multiplicar sem necessidade. Caso essa tendência de multiplicação descontrolada seja transmitida às células-filhas, surgirá um clone de células com propensão a se expandir indefinidamente: um **tumor**.

Um tumor pode ser constituído por células sem mobilidade, que ficam restritas ao local em que surgiram e geralmente causam poucos problemas ao organismo; tumores desse tipo são denominados **benignos**. Outros tumores têm células capazes de migrar e invadir tecidos vizinhos, sendo por isso denominados **tumores malignos**, ou **cânceres**. Pelas circulações sanguínea e linfática, as células cancerígenas atingem diversas regiões do corpo, podendo originar novos tumores. O processo de disseminação de um tumor é denominado **metástase**. Tumores malignos geralmente são prejudiciais ao organismo; se não forem tratados adequadamente, podem levar à morte (Fig. 15).



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 15. Representação esquemática do desenvolvimento de um tumor maligno no tecido epitelial. O tumor estimula a angiogênese e libera células invasivas na circulação sanguínea. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.) **Fonte:** adaptada de VOGELSTEIN, B.; KINZLER, K. W. The multistep nature of cancer. *Trends in Genetics*, n. 9, p. 138-141, 1993.

Costuma-se classificar os tumores malignos em sarcomas e carcinomas, de acordo com o tecido em que se originam. **Sarcomas** são originados por células que derivam do mesoderma embrionário, enquanto **carcinomas** provêm de células originárias do ectoderma ou do endoderma. A leucemia é um tipo de sarcoma que atinge os glóbulos brancos do sangue.

Com exceção da leucemia, em que as células tumorais estão livres no sangue, os tumores são estruturas sólidas. Um tumor pode crescer até atingir cerca de 1 milhão de células, produzindo uma estrutura mais ou menos esférica com cerca de 2 milímetros de diâmetro. Nesse ponto, as células mais internas do tumor começam a ter problema de nutrição, pois os nutrientes trazidos pelo sangue não chegam mais até elas. O esperado seria que essas células morressem e o tumor deixasse de crescer. Entretanto, em grande parte dos casos, os tumores têm a capacidade de induzir **angiogênese**, que é a formação de novos vasos sanguíneos intratumorais. A descoberta de substâncias que bloqueiam a angiogênese tem sido motivo de otimismo entre os médicos, pois pode levar ao desenvolvimento de novos agentes terapêuticos para o combate ao câncer.

Mutações gênicas e perdas ou duplicações de cromossomos (inteiros ou pedaços) podem levar uma célula normal a se transformar em uma célula cancerosa. A teoria mais conservadora para a origem do câncer admite que, dependendo do tipo de tumor, uma célula se torna maligna depois de 3 a 20 mutações em uma sequência definida. Essas alterações ocorrem em duas classes principais de genes: genes supressores de tumor e oncogenes. Os **genes supressores de tumor** produzem proteínas que impedem a progressão do ciclo celular quando há problemas. Por sua vez, os **oncogenes** estimulam as divisões celulares. Mutações nos genes supressores de tumor podem permitir a reprodução de células alteradas. Modificações nos oncogenes podem levar à divisão descontrolada das células.

Como exige diversas alterações, a formação de tumores é mais frequente em pessoas idosas. Uma pessoa de 70 anos de idade tem 100 vezes mais risco de ter um câncer que uma pessoa de 19 anos. Algumas vezes a pessoa herda dos pais certas alterações genéticas que a tornam mais propensa a desenvolver tumores. Nesse caso, a manifestação da doença requer menos mutações na própria pessoa. Essa é uma das razões de certas famílias apresentarem maior incidência de alguns tipos de câncer.

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

MODERNA

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (Fuvest-SP) Células de embrião de drosófila (2n = 8), que estavam em divisão, foram tratadas com uma substância que inibe a formação do fuso, impedindo que a divisão celular prossiga. Após esse tratamento, quantos cromossomos e quantas cromátides, respectivamente, cada célula terá? 1. d

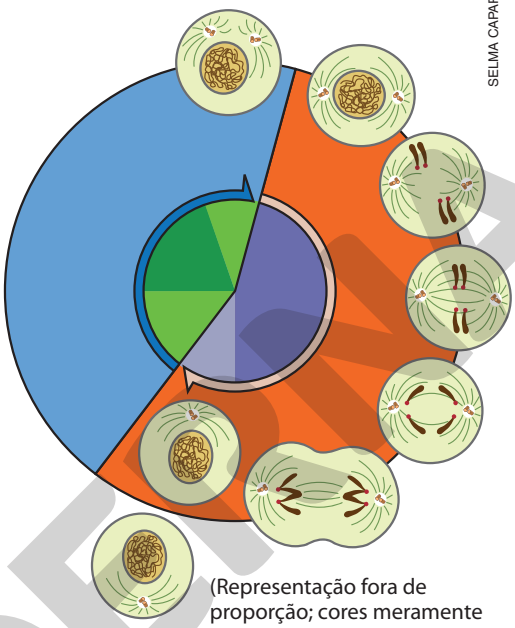
a) 4 e 4. **c)** 8 e 8. **e)** 16 e 16.
b) 4 e 8. **d)** 8 e 16.

2. (FVG-SP) O esquema ao lado ilustra um ciclo celular no qual a célula realiza uma divisão mitótica. 2. c

Com relação aos eventos característicos ocorridos durante esse ciclo celular, é correto afirmar que

a) a condensação dos cromossomos ocorre conjuntamente com o pareamento dos homólogos.
b) a separação das cromátides ocorre imediatamente após a reorganização da membrana nuclear.
c) a duplicação do DNA é condição obrigatória para a manutenção da ploidia celular original.
d) o posicionamento dos cromossomos no plano mediano (equatorial) da célula ocorre durante a intérfase.
e) a mitose é o período de maior atividade celular tendo em vista a expressão gênica nos cromossomos.

Ciclo celular



SELMA CAPARROZ

(Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

3. (UFJF-MG) As divisões celulares, mitose e meiose, são processos importantes para a manutenção e perpetuação das espécies. Durante o ciclo celular, nos dois tipos de divisões celulares, o período em que a célula não está se dividindo (intérfase) é conhecido como período de "repouso" celular. Com base no seu conhecimento sobre o ciclo celular responda:

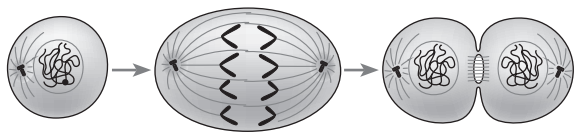
a) Por que o termo "repouso" celular é inapropriado para a intérfase?
b) Em qual período da intérfase observa-se maior quantidade de DNA?
c) Quantas cromátides apresentam os cromossomos no período G2 da intérfase?

4. (Fuvest-SP) O sulfato de vincristina é uma substância usada para o tratamento de tumores. Esse quimioterápico penetra nas células e liga-se à tubulina, impedindo a formação de microtúbulos.

a) Que processo celular, importante para o tratamento, é bloqueado, quando não se formam microtúbulos? Como os microtúbulos participam desse processo?
b) Para o tratamento, o quimioterápico pode ser colocado dentro de lipossomos, vesículas limitadas por bicamada de constituição lipoproteica. Que estrutura celular tem composição semelhante à do lipossomo, o que permite que ambos interajam, facilitando a ação do quimioterápico na célula?

5. (Unicamp-SP) O esquema ao lado representa três fases do ciclo celular de uma célula somática de um organismo diploide.

a) Qual é o número de cromossomos em uma célula haploide do organismo em questão? Justifique sua resposta.
b) Identifique se a célula representada é de um animal ou de uma planta. Aponte duas características que permitam fazer sua identificação. Justifique.



CANÇADO

Adaptado de Hernandes Faustino de Carvalho e Shirlei Maria Recco-Pimentel. A *célula*. Manole, 2007. p. 380.

6. A elaboração do modelo da molécula de DNA exigiu a utilização conjunta de conhecimentos físicos, químicos e biológicos. Por exemplo, ao conhecer a difração sofrida por um feixe de raios X incidente em uma amostra cristalina de DNA, foi possível deduzir a disposição de átomos na molécula e concluir tratar-se de uma dupla hélice. Embora seja realmente desafiador compreender detalhadamente essas relações, pesquise sobre a técnica de difração de raios X e suas aplicações em diversas áreas de estudo. Que tipos de pesquisa podem utilizar essa técnica?

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

CAPÍTULO 9

LIGAÇÕES QUÍMICAS INTERATÔMICAS

BW PRESS/SHUTTERSTOCK

O aço é uma liga metálica utilizada em pontes em razão da sua elevada resistência mecânica e durabilidade. Ponte em construção para passagem de linha de trem, em Guarulhos, SP, 2018.

De olho na BNCC:

- EM13CNT104
- EM13CNT205
- EM13CNT301
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CNT307
- EM13LP17

Metais utilizados desde a Antiguidade estão presentes em nosso cotidiano. O ferro, por exemplo, que era empregado na confecção de ferramentas e armas, hoje é utilizado na produção de portões, pontes, trilhos e máquinas. O ferro costuma ser encontrado combinado com o oxigênio, formando, por exemplo, o mineral hematita. A técnica de fabricação do ferro a partir desse mineral foi desenvolvida por volta de 1200 a.C.

Técnicas como essa, que buscavam obter materiais de interesse, eram desenvolvidas a partir de tentativas e erros e algumas vezes até por meio de descobertas acidentais. Atualmente, o conhecimento científico, aliado ao desenvolvimento tecnológico, permite que se façam previsões que direcionam as pesquisas voltadas para a obtenção de novos materiais com base em conhecimentos e procedimentos próprios da Ciência.

Esses conhecimentos possibilitaram, por exemplo, o desenvolvimento de técnicas para combinar o ferro com átomos de outros elementos químicos e formar as ligas metálicas. As ligas metálicas são materiais com átomos de dois ou mais elementos químicos, sendo que pelo menos um deles é metal. Elas são formadas com o objetivo de obter materiais com propriedades de interesse. O ferro, por exemplo, ao ser combinado com o carbono, forma o aço — liga que apresenta maior resistência mecânica e durabilidade que o ferro na sua forma pura.

Nesse contexto, a compreensão de como os átomos de um material se combinam e como isso influencia suas propriedades é de fundamental importância. Neste capítulo será apresentada a constituição de alguns materiais e, ao relacionar essa constituição com as suas propriedades, serão abordados novos modelos explicativos: os modelos de ligação química.

A água (A), o cloreto de sódio (B) e o ferro, principal constituinte do aço (C), são exemplos de substâncias químicas que diferem na maneira como os átomos se unem uns aos outros. Conforme estudaremos neste capítulo, o tipo de ligação interatômica (ou seja, entre os átomos) influencia as propriedades das substâncias.

MODERNA

1. Gases nobres e regra do octeto

Todas as substâncias químicas são constituídas de átomos, e em praticamente todos os casos há combinação entre eles. São conhecidas apenas seis substâncias nas quais os átomos não estão unidos a outros — hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio — que são encontradas em baixíssima concentração na atmosfera terrestre. Esses gases são constituídos de átomos (não combinados) de elementos químicos do grupo 18 da tabela periódica, os **gases nobres**. O sétimo elemento desse grupo, oganessônio, $Z = 118$, não tem existência natural. Apenas alguns átomos foram produzidos artificialmente, e suas propriedades químicas ainda estão sendo determinadas experimentalmente.

Até hoje não foi encontrada **na natureza** uma substância em que átomos de gases nobres estejam combinados entre si ou com átomos de outros elementos. Já foram produzidas, em laboratório, algumas substâncias **artificiais** em que determinados gases nobres (especialmente o xenônio e o criptônio) se combinaram com átomos de outros elementos, embora essa combinação, em geral, exija condições experimentais drásticas, alcançáveis somente de forma artificial. Tais observações evidenciam que os átomos de gases nobres têm baixíssima tendência a se combinar com outros átomos.

Como as propriedades químicas dos elementos estão relacionadas com as distribuições eletrônicas nas camadas da eletrosfera, os cientistas propuseram que a estabilidade dos gases nobres poderia estar relacionada ao número de elétrons que os átomos desses elementos apresentam na camada eletrônica mais externa, também denominada **camada de valência**. A Tabela 1 mostra a distribuição eletrônica em níveis de energia (camadas) dos gases nobres.

Em 1916, o físico alemão Walther Kossel (1888-1956), baseando-se nas contribuições de outros cientistas, propôs haver relação entre ligação química e elétrons na última camada. O químico alemão Richard Wilhelm Heinrich Abegg (1869-1910) foi o primeiro a registrar em trabalho impresso que os átomos poderiam passar por alterações a fim de adquirir oito elétrons na camada de valência. Mais tarde, a ideia foi retomada de forma independente pelos químicos estadunidenses Gilbert Newton Lewis (1875-1946) e Irving Langmuir (1881-1957), que chamou essa relação de "octeto". Hoje, ela é conhecida como **regra do octeto** e, de acordo com ela, os átomos das substâncias se combinam por meio das ligações químicas, de forma a adquirir a configuração eletrônica semelhante à de um gás nobre no estado fundamental. A regra do octeto é uma ferramenta útil para obter a fórmula química de alguns compostos, no entanto ela apresenta muitas exceções e não explica por que os átomos adquirem estabilidade ao se ligarem.

Tabela 1. Distribuição eletrônica em níveis de energia para os gases nobres de ocorrência natural. Note que há 8 elétrons no último nível, exceto no caso do hélio, em que há 2.

GÁS NOBRE	K	L	M	N	O	P
Hélio	2					
Neônio	2	8				
Argônio	2	8	8			
Criptônio	2	8	18	8		
Xenônio	2	8	18	18	8	
Radônio	2	8	18	32	18	8

Fonte: SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry: the molecular nature of matter and change*. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018.

2. Eletronegatividade

Ao dar continuidade aos estudos sobre a maneira como os átomos se ligam, o químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994) propôs, em 1931, a primeira escala quantitativa de uma propriedade chamada **eletronegatividade**. Entre as várias escalas de eletronegatividade já propostas, vamos considerar a de Pauling.

Para entender o conceito de eletronegatividade, é preciso considerar que a atração do núcleo sobre os elétrons de um átomo é de origem eletrostática. Assim como o núcleo de um átomo atrai os elétrons desse átomo, em uma ligação química ele também pode atrair os elétrons de outros átomos a ele ligados. Essa tendência de atração de elétrons está relacionada à eletronegatividade, grandeza que indica a intensidade com que um átomo ligado a outro atrai os elétrons envolvidos em uma ligação química.

A eletronegatividade depende de fatores como o número de prótons, pois, quanto maior esse número, mais elevada é a atração que o núcleo exerce sobre os elétrons. Ela também é influenciada pela distância dos elétrons em relação ao núcleo, já que elétrons das camadas mais próximas ao núcleo são atraídos mais fortemente que os elétrons das camadas mais externas. Observe, na Tabela 2, alguns valores de eletronegatividade.

Tabela 2. Eletronegatividade de alguns elementos químicos (essa grandeza não tem unidade, é adimensional). São fundamentalmente os valores propostos por Pauling, com pequenas correções mais recentes.

	GRUPO						
	1	2	13	14	15	16	17
	H 2,1						
	Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
	Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
	K 0,8	Ca 1,0				Se 2,4	Br 2,8
	Rb 0,8	Sr 1,0				Te 2,1	I 2,5
	Cs 0,7	Ba 0,9					

2,1 – 4,0
1,5 – 2,0
< 1,5

Fonte dos dados: BROWN, T. L. *et al. Chemistry: the central science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

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

MODELKA

O valor 1,7 (cf. PAULING, L. *The nature of chemical bonding*, Ithaca: Cornell University Press, 1960) continua a ser valor de referência na literatura ao usar a escala de eletronegatividade de Pauling. Valores abaixo de 1,5 indicam acentuado caráter covalente e valores acima de 2,0, acentuado caráter iônico. A faixa que vai de 1,5 a 2,0 corresponde a ligações com caráter bastante intermediário entre covalente e iônica (cf. BURGE, S. *Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2020; SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry: the molecular nature of matter and change*. 8. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2018; ATKINS. P. W. *et al*. *Chemical Principles: the quest for insight*. 6. ed. New York: Freeman, 2013; BROWN, T. L. *et al*. *Chemistry: the central science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018). Uma descrição mais ampla, que inclui ligações metálicas, pode ser feita mediante o **triângulo de van Arkel-Ketelaar** (veja comentário sobre ele no Suplemento do Professor) ou por meio da mecânica quântica.

3. Ligação iônica

Uma substância muito usada pelo ser humano é o cloreto de sódio (principal componente do sal de cozinha), constituído pelos elementos químicos sódio e cloro. Consultando a tabela periódica disponível no Capítulo 4, temos:

Átomo neutro	Nº de prótons	Nº de elétrons	Carga elétrica total
Sódio (Na)	11	11	0
Cloro (Cl)	17	17	0

Existe grande diferença de eletronegatividade entre esses dois átomos; a do cloro é 3,0 e a do sódio é 0,9 (Tabela 2). O cloro atrai mais fortemente os elétrons do que o sódio e, como consequência, há transferência de um elétron do sódio para o cloro, e ambos passam a apresentar configuração eletrônica semelhante à de um gás nobre.

Quando átomos perdem ou recebem elétrons, eles deixam de ser eletricamente neutros e passam a ser **íons**. Um **íon positivo** é chamado de **cátion** e um **íon negativo** é denominado **ânion**. O cátion formado a partir do átomo de sódio é representado por Na^+, o que indica a sua carga positiva. O ânion formado a partir do átomo de cloro é representado por Cl^-, o que indica a sua carga negativa.

Íon do elemento químico	Nº de prótons	Nº de elétrons	Carga elétrica total
Sódio (Na^+)	11	10	+1
Cloro (Cl^-)	17	18	–1

Como os íons Na^+ e Cl^- possuem cargas de sinais opostos, atraem-se mutuamente e mantêm-se unidos. Essa união entre íons é chamada **ligação iônica**, que se deve à atração eletrostática entre cargas elétricas de sinais opostos. Cada cátion Na^+ interage com os ânions Cl^- que estiverem à sua volta e vice-versa. No caso do NaCl, por exemplo, cada cátion e ânion interage mais fortemente com outros seis íons à sua volta, que estão mais próximos e têm carga de sinal oposto à sua. Um sólido iônico é, portanto, constituído de **retículos cristalinos iônicos** (Fig. 1), estruturas resultantes dessas interações.

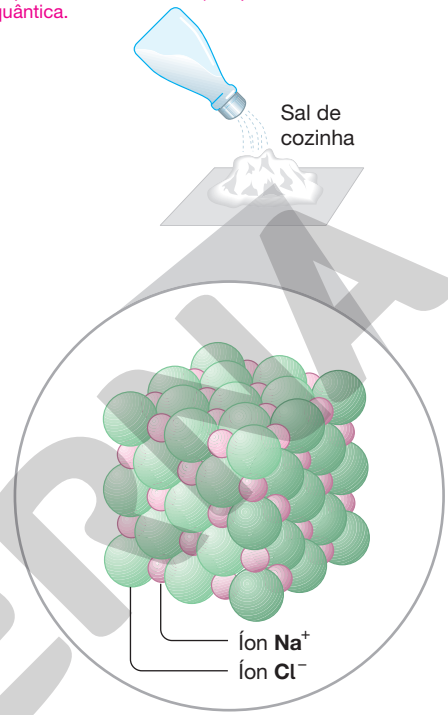
Quanto maior a diferença de eletronegatividade entre átomos que interagem, maior a possibilidade de formarem íons. De modo geral, quando essa diferença é maior que 1,7, considerando dados da escala de Pauling, a ligação química tende a ser predominantemente iônica. No caso do NaCl, a diferença é de 2,1 (ou seja, 3,0 – 0,9).

A **fórmula unitária** de um composto iônico representa a proporção em números inteiros (os menores possíveis) dos cátions e ânions que constituem o retículo cristalino. Ela pode ser obtida por meio da **fórmula eletrônica** (ou **fórmula de Lewis**), na qual os símbolos dos elementos químicos dos respectivos átomos são indicados com os elétrons da sua camada de valência (nessa obra, eles serão representados simbolicamente por pequenos círculos), como mostrado a seguir.

O cloreto de sódio, composto de fórmula unitária NaCl, é um exemplo de **composto iônico**, ou seja, **constituído de íons**.

Cada cristal de cloreto de sódio é formado por um retículo cristalino, no qual há imensa quantidade de cátions Na^+ e ânions Cl^-.

De modo geral, uma ligação tem caráter predominantemente iônico quando se estabelece entre elementos químicos cuja diferença de eletronegatividade é acentuada, o que, na escala de Pauling, corresponde a uma diferença superior a 1,7. Embora haja exceções a esse critério, ele é útil para estabelecer previsões.



ADILSON SECCO

Figura 1 Representação esquemática do retículo cristalino iônico do cloreto de sódio. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: BURGE, S. *Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2020.

Dialogando com o texto

Consulte a tabela periódica e procure nela os elementos químicos cujos símbolos são Li, K, Mg, Ca, Ba, Al, N, O, S, Br e I.

Qual é o gás nobre cujo número de elétrons é mais próximo do de cada um deles?

Quantos elétrons cada um desses elementos deve perder ou receber para obter a configuração de valência de um gás nobre? Se julgar necessário, para embasar sua decisão, consulte a distribuição eletrônica em camadas, no Item 6 do Capítulo 4.

Caso os átomos desses elementos químicos estabeleçam ligações iônicas, qual é a carga dos íons formados após a perda ou o recebimento de elétrons?

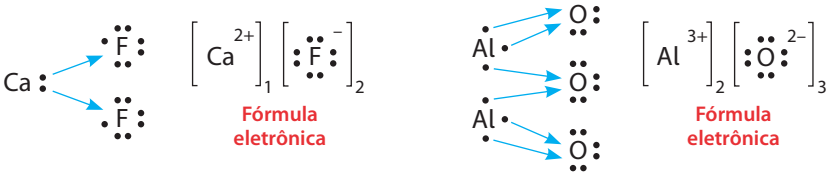
Apresente as conclusões para o professor e debata com ele cada caso.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

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

PROIBIDA

Veja agora a fórmula eletrônica de outros dois compostos iônicos, sendo um deles formado por cálcio e flúor, e o outro, por alumínio e oxigênio (Figs. 2 e 3):



Para prever a fórmula de um composto iônico, em vez de pensar em transferência de elétrons entre átomos neutros, é conveniente raciocinar em termos da carga do íon formado pelos elementos e considerar que, em um composto iônico, a carga elétrica total positiva deve ser neutralizada pela negativa, resultando em **carga total nula**. Na fórmula unitária, o cátion deve ser escrito à esquerda e o ânion, à direita.

$$[\text{cátion}^{x+}]_m [\text{ânion}^{y-}]_n$$

O cátion (íon positivo) é escrito à esquerda e o ânion (íon negativo) é escrito à direita.

Assim, nos dois casos anteriores, determinamos inicialmente a carga dos íons. Se necessário, consultamos a tabela periódica ou as distribuições eletrônicas no Item 6 do Capítulo 4. A seguir, determinamos os índices considerando que a proporção entre cátions e ânions no retículo cristalino deve conduzir à carga total nula.

$$[Ca^{2+}]_1 [F^-]_2 \Rightarrow CaF_2$$

Fórmula unitária

$$[Al^{3+}]_2 [O^{2-}]_3 \Rightarrow Al_2O_3$$

Fórmula unitária

CAGLA ACIKGOZ/SHUTTERSTOCK

Figura 2 Amostra do mineral fluorita, matéria-prima para obtenção industrial de flúor (F_2). Ele é formado principalmente pelo fluoreto de cálcio, CaF_2, composto iônico constituído de íons Ca^{2+} e F^-.

POTAPOV ALEXANDER/SHUTTERSTOCK

Figura 3 Rubi lapidado de 6 mm de comprimento. Seu principal constituinte é a substância incolor óxido de alumínio, Al_2O_3, cujo retículo cristalino é formado por íons Al^{3+} e O^{2-}. A cor vermelha se deve a pequenas quantidades de outra substância iônica, de fórmula Cr_2O_3.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. Sobre uma proposta científica desenvolvida a partir de 1916, consta em um livro universitário:

> "Algo único nas configurações eletrônicas dos átomos de gases nobres é responsável pela sua baixa reatividade química, e átomos dos demais elementos combinam-se uns aos outros atingindo configurações eletrônicas como as dos gases nobres".
>
> PETRUCCI, R. H. *et al. General Chemistry: principles and modern applications*. Tradução dos autores. 11. ed. Toronto: Pearson, 2017. p. 412.

a) Na época, as eletrosferas de certos elementos químicos foram consideradas modelos de estabilidade. A que grupo da tabela periódica eles pertencem?

b) As ligações químicas interatômicas são as interações que mantêm os átomos unidos, formando as substâncias. O estabelecimento dessas ligações envolve qual parte da eletrosfera? Como tal região é denominada?

c) Qual é a regra elaborada na época citada? Como ela é empregada para prever se um átomo tem a eletrosfera estável ou não? O que diz essa regra e como ela possibilita fazer a previsão?

2. A cal viva, usada em construção civil e na agricultura, é representada pela fórmula unitária CaO.

a) Em que grupos da tabela periódica estão os elementos que a constituem?

b) Deduza a carga dos íons presentes, comparando os elementos que formam a cal viva com os gases nobres dos quais eles mais se aproximam.

3. A tabela periódica é um importante **instrumento de consulta**. Utilizando-a, determine as cargas dos íons dos elementos químicos representados abaixo. Em seguida, preveja, para cada par de elementos apresentado, a fórmula unitária do composto formado.

a) K e Br

b) Ca e Cl

c) Na e S

d) Mg e O

4. Denomina-se **valência de um íon** o valor de sua carga, desconsiderando o sinal. Assim, por exemplo, a valência do Na^+ é 1 e a do O^{2-} é 2. Além disso:

- íon **monovalente** é o que tem valência 1;
- íon **bivalente** é o que tem valência 2;
- íon **trivalente** é o que tem valência 3.

Fundamentado nessas informações, classifique, quanto à valência, os íons das atividades **2** e **3**.

5. Considere o composto iônico de fórmula QR, no qual os cátions de Q e os ânions de R obedecem à regra do octeto. Responda e justifique.

a) Q pode ser alcalino e R halogênio?

b) Q pode ser alcalino e R calcogênio?

c) Q pode ser alcalinoterroso e R halogênio?

d) Q pode ser alcalinoterroso e R calcogênio?

6. O espinélio é uma gema (pedra preciosa) que apresenta, em sua composição, dois tipos de cátion e um de ânion. Sua fórmula é $MgAl_2O_x$. Considerando os elementos e a neutralidade elétrica do composto, deduza o valor de *x*.

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

MODERNA

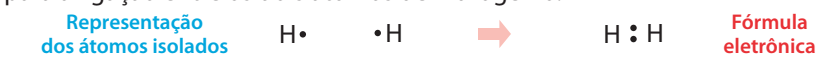
4. Ligação covalente

Vimos que, quando a diferença de eletronegatividade entre os átomos envolvidos em uma ligação é maior que 1,7, eles tendem a estabelecer ligação iônica. Mas o que acontece quando há ligação química entre átomos que tendem a atrair elétrons e cuja diferença de eletronegatividade é menor que esse valor?

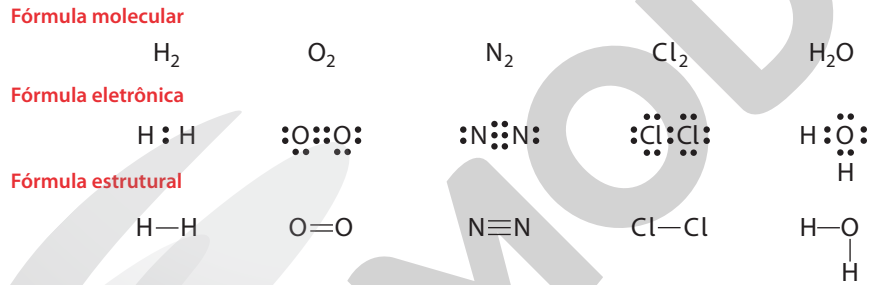
Para compreender o modelo que busca explicar esse tipo de ligação, considere a combinação entre dois átomos de hidrogênio. Cada átomo de hidrogênio possui apenas um elétron e, de acordo com a regra do octeto, ele precisaria de mais um elétron para adquirir a configuração eletrônica do gás nobre hélio. Como os átomos de hidrogênio apresentam a mesma eletronegatividade, supõe-se que os elétrons sejam atraídos igualmente pelos núcleos dos dois átomos.

Dessa forma, durante a aproximação desses átomos, há repulsão eletrostática entre elétron e elétron e também entre núcleo e núcleo. Já entre núcleo e elétron, há atração; cada núcleo atrai os elétrons e é por eles atraído. A ligação se forma quando essas forças eletrostáticas de atração e repulsão se equilibram, caracterizando a **ligação covalente**.

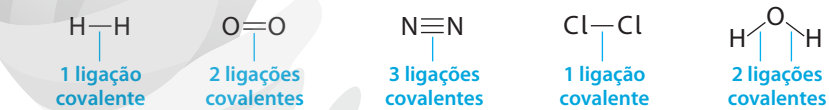
De modo geral, quando a diferença de eletronegatividade entre átomos com alta tendência a atrair elétrons envolvidos em uma ligação é menor que 1,7, o caráter da ligação tende a ser predominantemente covalente. Observe o modelo para a ligação entre os dois átomos de hidrogênio.



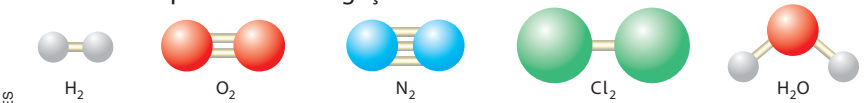
Um agrupamento de átomos unidos por ligação covalente é denominado **molécula**. Para representá-la, utilizam-se a **fórmula molecular** (que informa os átomos e suas quantidades na molécula), a **fórmula eletrônica** (ou **fórmula de Lewis**, que indica os elétrons de valência, compartilhados ou não) e a **fórmula estrutural** (que representa cada ligação covalente por um traço). Como exemplos, veja as fórmulas, respectivamente, de gás hidrogênio, gás oxigênio, gás nitrogênio, gás cloro e água:



Referindo-nos às moléculas representadas anteriormente, dizemos que: em H_2 e Cl_2, há uma ligação covalente **simples**; em H_2O, há duas ligações covalentes simples; em O_2, há duas ligações covalentes, ou uma ligação covalente **dupla**; em N_2, há três ligações covalentes, ou uma ligação covalente **tripla**.

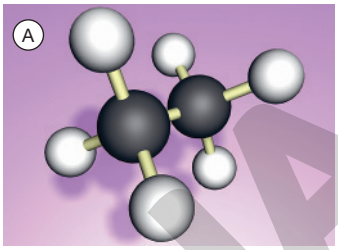


Uma molécula também pode ser representada por um **modelo molecular**, como os mostrados abaixo, referentes, respectivamente, às moléculas H_2, O_2, N_2, Cl_2 e H_2O. Nesse tipo de representação, cada esfera representa um átomo e cada vareta representa uma ligação covalente.

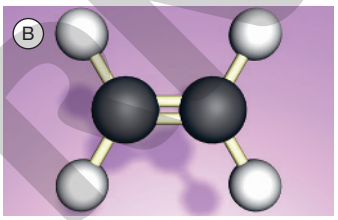


(Modelos moleculares com átomos representados por esferas e ligações representadas por varetas. Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

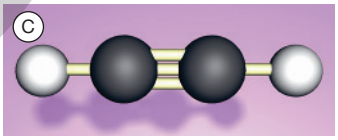
Outros exemplos de modelos moleculares são mostrados na Figura 4.



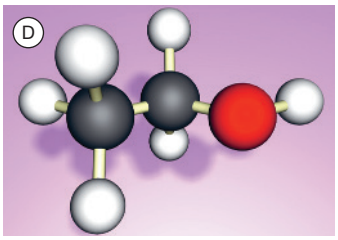
Etano, C_2H_6.



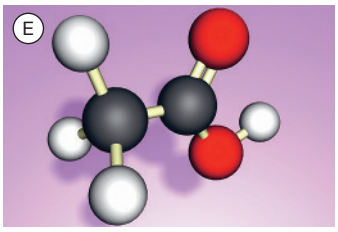
Eteno, ou etileno, C_2H_4.



Etino, ou acetileno, C_2H_2.



Etanol, C_2H_6O.



Ácido acético, ou etanoico, $C_2H_4O_2$.

Figura 4 Exemplos de modelos moleculares. Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas (carbono: preto; hidrogênio: branco; oxigênio: vermelho). Varetas indicam ligações covalentes.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

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

MODERNA

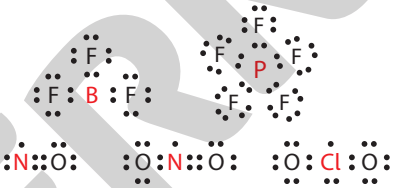
Tabela 3 Exemplos de substâncias moleculares e suas fórmulas.

Substância	Fórmula molecular	Fórmula eletrônica	Fórmula estrutural
Flúor	F_2	:F:F:	F—F
Bromo	Br_2	:Br:Br:	Br—Br
Dióxido de carbono	CO_2	:O::C::O:	O=C=O
Sulfeto de hidrogênio	H_2S	H:S: (H)	H—S—H
Amônia	NH_3	H:N:H (H)	H—N—H (H)
Metano	CH_4	H (H:C:H) H	H (H—C—H) H
Hidrazina (Fig. 5)	N_2H_4	H:N:N:H (H H)	H—N—N—H (H H)

GEORGE MORGAN/CC BY 3.0/ WIKIMEDIA FOUNDATION, INC.
WIN MCNAMEE/GETTY IMAGES NORTH AMERICA

Figura 5 A hidrazina, N_2H_4, é um composto molecular. Existem diferentes sistemas propelentes de foguetes e satélites que se baseiam nessa substância ou em alguns de seus derivados. Entre eles, um foi inventado pela cientista estadunidense Mary Sherman Morgan (1921-2004), aqui retratada em foto de 1950 (A), e usado no foguete que colocou em órbita o primeiro satélite dos Estados Unidos. Outro foi inventado pela engenheira canadense Yvonne Clayes Brill (1924-2013), aqui em foto de 2011 (B), e é empregado atualmente para ajustar a órbita de satélites de comunicação.

Embora útil, a regra do octeto apresenta **grande quantidade de exceções**, pois **nem sempre** as ligações químicas são estabelecidas com os átomos envolvidos passando a ter configuração eletrônica semelhante à de gás nobre. Alguns exemplos dessas exceções são BF_3, PF_5, NO, NO_2 e ClO_2, cujas fórmulas eletrônicas são mostradas ao lado. Note que os átomos de boro (B), fósforo (P), nitrogênio (N) e cloro (Cl) não estão com oito elétrons na camada de valência.

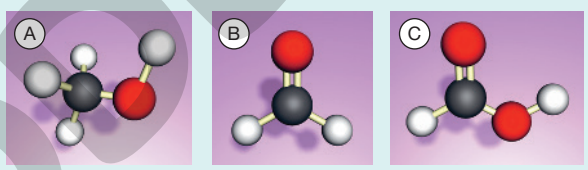


Exemplos de exceção à regra do octeto.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Analisem os modelos moleculares A, B e C, mostrados ao lado (nos quais os códigos de cores são os mesmos da Figura 4) e elaborem as fórmulas molecular, eletrônica e estrutural de cada uma das substâncias representadas. Essas substâncias são **muito tóxicas**. Pesquisem que substâncias são essas, onde são encontradas e, sobretudo, que **riscos** oferecem e que **precauções** devem ser consideradas com relação a elas. Divulguem os resultados à comunidade em um vídeo (sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro).



Modelos moleculares envolvidos nesta atividade. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

7. Uma das maneiras de representar moléculas é pela fórmula estrutural. Elabore essa representação para as substâncias cujos modelos moleculares são mostrados na Figura 4.

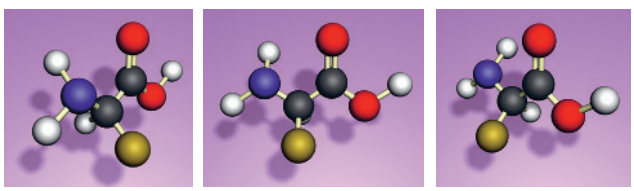
8. Para um átomo presente em uma molécula, denomina-se **valência** o número de ligações covalentes que ele faz. Sabendo disso, determine qual é a valência dos átomos em cada substância mencionada no texto do Item 4, na Figura 4 e na Tabela 3.

9. Há diferentes tipos de propulsores de foguetes e satélites. Um deles usa a energia liberada na reação de hidrazina (N_2H_4) com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que produz água e gás nitrogênio.

a) Empregue o conceito de eletronegatividade para justificar por que as ligações interatômicas existentes nas quatro substâncias são covalentes.

b) Equacione a reação química mencionada.

10. Vinte diferentes aminoácidos são utilizados na síntese de proteínas em células. As imagens a seguir mostram um mesmo modelo molecular de aminoácido, visto de três ângulos diferentes.



ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Os códigos de cores são os mesmos da Figura 4, incluindo azul, para o nitrogênio, e ocre, que representa um grupo genérico (—R) que varia de um aminoácido para outro. Na glicina, o mais simples dos aminoácidos, —R é —H. Na alanina, é $—CH_3$, e, na serina, é $—CH_2OH$. Elabore a fórmula estrutural dos aminoácidos citados.

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

COPERVA

5. Ligação metálica

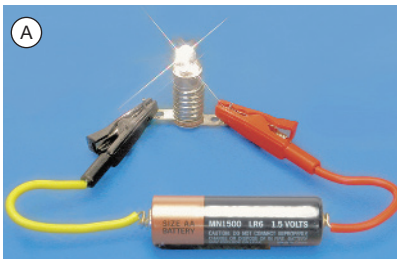
No circuito elétrico da Figura 6.A, o acendimento da lâmpada evidencia o estabelecimento de uma corrente elétrica, fluxo ordenado de cargas elétricas, pelos fios metálicos, a pilha e a lâmpada. A corrente elétrica em uma **substância metálica** como o cobre consiste no movimento ordenado de elétrons através dele (Fig. 6.B). Metais são bons condutores de corrente elétrica porque seus elétrons de valência estão livres para se mover no sólido.

A condução de corrente elétrica pelos metais em fase sólida pode ser explicada por um modelo de ligação química de natureza elétrica baseado na atração entre íons positivos e elétrons, a **ligação metálica**. Como os metais apresentam baixos valores de eletronegatividade, seus elétrons de valência são pouco atraídos por seus núcleos, e, por isso, os metais apresentam tendência a perder elétrons e formar cátions. Com base nisso, propõe-se que a estrutura dos metais seja formada por um conjunto de cátions e elétrons, sendo que os últimos podem se movimentar nessa estrutura (Fig. 7), denominada **retículo cristalino metálico**.

A repulsão entre os cátions é neutralizada em razão da presença dos elétrons. A boa condutibilidade elétrica desses materiais pode ser explicada considerando que os elétrons de valência são pouco atraídos pelos núcleos e se movem dentro da estrutura metálica. O movimento dos elétrons é desordenado, mas, quando as extremidades do metal são conectadas a uma fonte de diferença de potencial elétrico (uma pilha, por exemplo), eles passam a se movimentar de forma ordenada, de um extremo ao outro da estrutura, constituindo uma corrente elétrica.

As substâncias metálicas são úteis ao ser humano devido às suas propriedades, que, de modo bem genérico, comentaremos a seguir. Quando polidas, refletem muito bem a luz, apresentando um **brilho metálico** característico, fácil de perceber em bandejas e espelhos de prata. A **condutividade térmica** e a **condutividade elétrica** são, em geral, elevadas; a agitação térmica das partículas possibilita a eficiente propagação do calor, e o movimento ordenado dos elétrons constitui a corrente elétrica. A maioria dos metais apresenta altas temperaturas de fusão (*TF*) e de ebulição. Há, contudo, exceções a essa tendência, como mercúrio (*TF* = −39 °C, a 1 atm), gálio (*TF* = 30 °C, a 1 atm) e potássio (*TF* = 64 °C, a 1 atm). Metais têm alta **ductilidade** (são facilmente transformados em fios) e alta **maleabilidade** (são facilmente transformados em lâminas). Como as ligações metálicas têm a mesma intensidade em todas as direções, muitos metais podem ser deformados sem que se destrua sua estrutura cristalina.

Os metais também podem formar diferentes **ligas metálicas** (Fig. 8). O **ouro 18 quilates** é liga de ouro e cobre (e, eventualmente, outros metais, como prata), o **bronze** é liga de cobre e estanho usada em sinos, estátuas, medalhas e monumentos, o **latão** é liga de cobre e zinco utilizada em zíperes, torneiras, conexões hidráulicas e instrumentos musicais. O **aço**, comentado na abertura deste capítulo, é uma liga de ferro com pequena quantidade de carbono. Ao se desenvolver uma liga, é possível obter um material com propriedades diferenciadas dos materiais individuais usados em sua elaboração. Um objeto pode ser constituído de diferentes ligas.



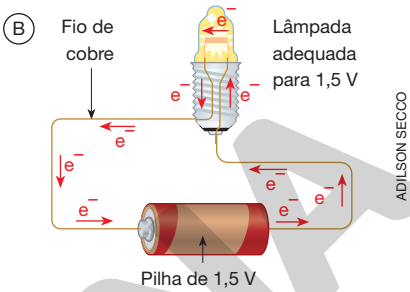


Figura 6 Circuito elétrico (A) feito com fios de cobre, pilha de 1,5 V e lâmpada adequada a essa tensão elétrica. A lâmpada pode ser substituída por um LED (diodo emissor de luz) compatível. Esquematização do circuito (B) e do sentido da movimentação dos elétrons (e^-) nos componentes metálicos. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Comente que o metal mais dúctil e maleável é o **ouro**: 1 g pode ser transformado em 2 km de fio! Sobre sua maleabilidade, lembre-os de que, no experimento de dispersão de partículas alfa (Capítulo 4), foi usada uma finíssima folha de ouro com espessura da ordem de 0,00004 cm.

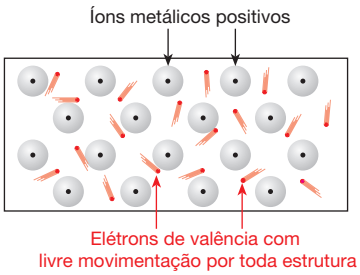


Figura 7 Esquematização de um modelo para a ligação metálica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. *Materials Science and Engineering*. 9. ed. Hoboken: John Wiley, 2014.

Figura 8 Exemplos de aplicação de ligas metálicas: (A) anéis de ouro 18 quilates; (B) chave de bronze antiga; (C) conexões hidráulicas de latão; (D) arame de aço flexível (com baixo teor de carbono) revestido de zinco, material denominado ferro galvanizado; (E) ferramenta de aço; (F) cortador de unha de aço inox (aço aditivado com crômio e/ou níquel); (G) cadeado de latão com haste de aço inox.

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

MODERNA

6. Influência das ligações interatômicas em algumas propriedades físicas das substâncias

Como vimos, as substâncias metálicas conduzem corrente elétrica na fase sólida por causa da existência de elétrons livres para se movimentar em sua estrutura. Quando elas passam para a fase líquida (isto é, são fundidas), esses elétrons continuam apresentando mobilidade e, portanto, a condutividade elétrica se mantém.

Uma substância iônica, por sua vez, pode conduzir eletricidade em fase líquida, pois, nessas circunstâncias, os íons que a constituem não estão fortemente atraídos em um retículo cristalino, mas livres para se movimentar (Fig. 9.A). Na fase sólida, ao contrário, as substâncias iônicas não conduzem a corrente elétrica porque os íons estão confinados em posições do retículo cristalino mediante fortes interações eletrostáticas com íons vizinhos de cargas opostas e, por isso, não têm mobilidade através da amostra (Fig. 9.B).

Ao contrário dos íons, as moléculas não possuem carga elétrica, ou seja, são eletricamente neutras. Assim, as substâncias moleculares, independentemente da fase em que se encontram a 25 °C e 1 atm, não apresentam cargas livres e, portanto, não costumam conduzir corrente elétrica nessas condições. Muitas substâncias existentes nos organismos vivos são de natureza molecular, como a água, os aminoácidos e os lipídios (Fig. 10).

Agora, um comentário de **importância para sua SEGURANÇA**, a respeito da água (substância molecular) e de sua condutividade elétrica! A "água" com que temos contato em nosso dia a dia **não** é pura. Seja ela proveniente da torneira, de nascente mineral, de lago ou mar, está misturada com diversas substâncias, entre elas compostos iônicos, cujos íons estão dissolvidos, e, nessas circunstâncias, têm mobilidade para conduzir corrente elétrica.

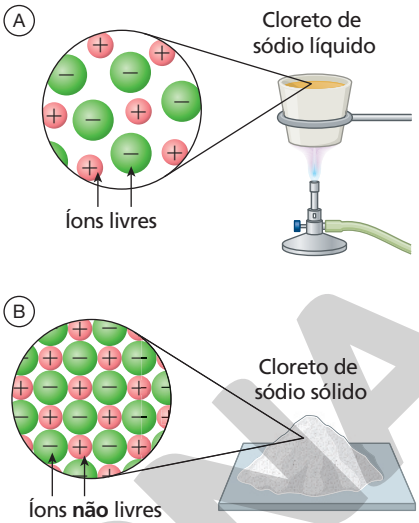
Em outras palavras, a "água" com que temos contato é uma solução aquosa que contém solutos (substâncias dissolvidas) que a tornam condutora elétrica. Então, **NUNCA** deixe água entrar em contato com tomadas, fios ou equipamentos elétricos. Além disso, jamais opere equipamentos conectados à rede elétrica (rádios e televisores, por exemplo) se você estiver em banheiras ou piscinas. Desrespeitar essas recomendações pode causar **acidentes graves**.

Além de influenciarem a condutividade elétrica das substâncias, as ligações interatômicas também estão relacionadas com as temperaturas de fusão e de ebulição das substâncias.

As substâncias metálicas, quando em fase sólida, apresentam retículo cristalino metálico, no qual alguns dos elétrons têm mobilidade através de toda a estrutura. Diversos metais têm altas temperaturas de fusão e de ebulição, sendo, em sua maioria, sólidos nas condições ambientes de temperatura e pressão (25 °C e 1 atm).

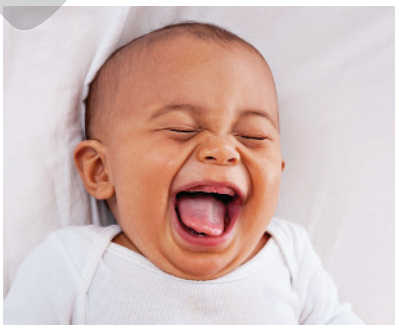
Os compostos iônicos, em geral, são sólidos a temperatura e pressão ambientes (25 °C e 1 atm), pois a atração eletrostática mantém os cátions e os ânions fortemente ligados uns aos outros em uma estrutura cristalina. Eles apresentam temperaturas de fusão e ebulição relativamente elevadas, pois uma grande quantidade de energia é necessária para separar os íons e vencer a atração eletrostática entre eles. O NaCl, por exemplo, submetido à pressão de 1 atm, funde a 801 °C e entra em ebulição a 1.465 °C.

Por outro lado, a temperatura de fusão e a temperatura de ebulição das substâncias moleculares dependem de fatores como as interações entre as moléculas, pois elas são as responsáveis pela agregação das moléculas em conjuntos macroscópicos, cujas propriedades podem ser experimentalmente determinadas. Assim, a 25 °C e 1 atm, existem substâncias moleculares sólidas (por exemplo, sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, glicose, $C_6H_{12}O_6$, e ureia, CH_4N_2O), líquidas (como água, H_2O, etanol, C_2H_6O, e propanona ou acetona, C_3H_6O) e gasosas (como gás oxigênio, O_2, gás nitrogênio, N_2, metano, CH_4, e amônia, NH_3). Veja alguns exemplos na Figura 11 (página seguinte).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 9 Substâncias iônicas líquidas (A), isto é, fundidas, conduzem corrente elétrica por causa dos íons livres. Uma substância iônica sólida não conduz corrente elétrica porque os íons não têm mobilidade (B). (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

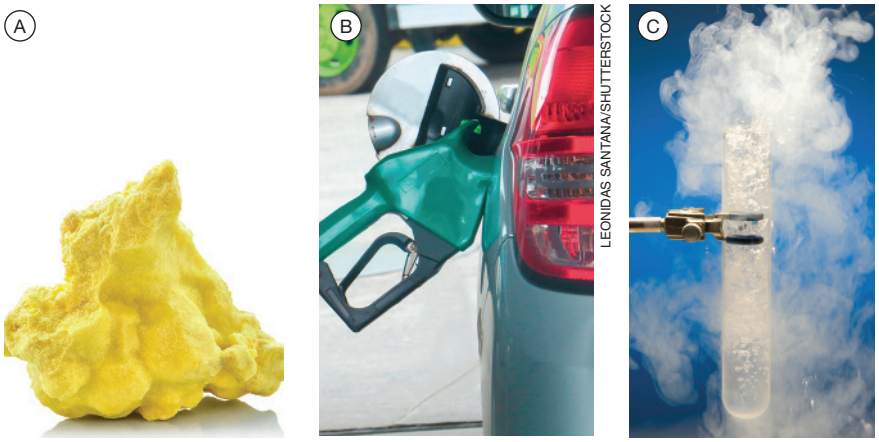


FLASHON STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 10 Os seres vivos são constituídos de grande diversidade de substâncias químicas moleculares (água, aminoácidos e lipídios, por exemplo) e iônicas (que estão, em geral, dissolvidas na água corporal). Algumas substâncias moleculares participam de reações químicas nos organismos que originam outro tipo de substância, as macromoleculares (proteínas e ácidos nucleicos, por exemplo). As substâncias macromoleculares são um dos temas do Capítulo 10.

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

MODERNA



SEBASTIAN JANICKI/SHUTTERSTOCK

LEONIDAS SANTANA/SHUTTERSTOCK

CHARLES D. WINTERS/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Figura 11 (A) O enxofre rômbico é uma substância molecular sólida a 25 °C e 1 atm, constituída de moléculas de fórmula S_8 que se mantêm unidas por intensas forças atrativas. (Largura da amostra: 10 cm.) (B) O etanol (C_2H_6O) é um composto molecular líquido a 25 °C e 1 atm. Seu estado de agregação, nessas condições, facilita o abastecimento de automóveis em que é usado como combustível. (C) O gás nitrogênio (N_2) é uma substância molecular gasosa a 25 °C e 1 atm. Em temperaturas inferiores a –196 °C, apresenta-se líquido e pode ser utilizado em sistemas de refrigeração e congelamento. No tubo de ensaio da foto, há nitrogênio líquido em ebulição.

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

As propriedades dos materiais, influenciadas pelo tipo de ligação química interatômica, são determinantes na escolha para aplicações específicas.

Em equipes, elaborem quatro vídeos curtos **propondo** a resposta das perguntas a seguir e **argumentando** em favor dela. Postem os vídeos para compartilhar o conhecimento científico com a comunidade.

1. O ouro é conhecido e usado desde a Antiguidade para elaborar adornos e objetos artísticos. Por que esse metal é adequado para tal finalidade?
2. Que tipos de substâncias devem ser utilizados em fiações elétricas? Considerem a finalidade da parte interna e da parte externa desses fios.
3. Qual é o material usado, em mistura com concreto, para fazer concreto armado para construção de casas, edifícios e pontes? Que componente do concreto armado o torna resistente à tração? E à compressão? Por que, em Engenharia Civil, esses dois componentes são usados conjuntamente?
4. É perigosíssimo deixar que água entre em contato com tomadas, fios metálicos sob tensão elétrica e equipamentos elétricos e eletrônicos. Por quê? Pesquisem **recursos digitais** (vídeos, simulações, diagramas) que possam ser usados para **simular** esses riscos e, consequentemente, **argumentar** em favor dessas precauções.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

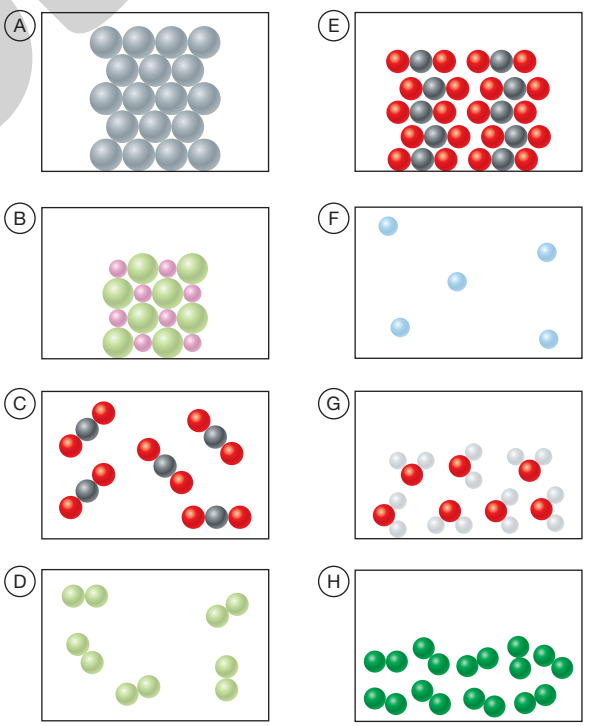
11. Em uma postagem nas redes sociais, estava a afirmação de que "todas as substâncias químicas são formadas por moléculas". Como você modificaria essa frase, de modo a **corrigir o erro** nela existente?

12. Em um laboratório de análises, há a necessidade de confirmar se determinada amostra é metálica. Apresente cinco propriedades que, consideradas em conjunto, possibilitam fazer essa confirmação.

13. Ouro (Au) e iodo (I_2) são substâncias sólidas nas condições ambientes (25 °C e 1 atm). Comparando o tipo de ligação química interatômica existente, é possível prever qual apresenta maior temperatura de fusão. Faça essa previsão e explique como chegou a ela.

14. Comparando as substâncias de fórmulas HBr e KBr, é possível prever qual apresenta maior temperatura de fusão. Diga qual é e explique o que fundamentou sua previsão.

15. Interpretar modelos é uma habilidade que se desenvolve ao estudar Ciências da Natureza. Analise os modelos A a H e associe-os a zinco sólido, cloreto de sódio sólido, água líquida, dióxido de carbono gasoso (gás carbônico), dióxido de carbono sólido (gelo-seco), gás hélio, gás cloro e bromo líquido.



(Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

EDITORIA

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (Enem) Usando pressões extremamente altas equivalentes às encontradas nas profundezas da Terra ou em um planeta gigante, cientistas criaram um novo cristal capaz de armazenar quantidades enormes de energia. Utilizando-se um aparato chamado bigorna de diamante, um cristal de difluoreto de xenônio (XeF_2) foi pressionado, gerando um novo cristal com estrutura supercompacta e enorme quantidade de energia acumulada.

Inovação Tecnológica. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologia.com.br/>. Acesso em: 7 jul. 2010 (adaptado).

Embora as condições citadas sejam diferentes das do cotidiano, o processo de acumulação de energia descrito é análogo ao da energia

a) armazenada em um carrinho de montanha-russa durante o trajeto.
b) armazenada na água do reservatório de uma usina hidrelétrica.
c) liberada na queima de um palito de fósforo.
d) gerada nos reatores das usinas nucleares.
e) acumulada em uma mola comprida.

1. e

2. (Uerj) Segundo pesquisas recentes, há uma bactéria que parece ser capaz de substituir o fósforo por arsênio em seu DNA. Uma semelhança entre as estruturas atômicas desses elementos químicos que possibilita essa substituição é:

a) número de elétrons.
b) soma das partículas nucleares.
c) quantidade de níveis eletrônicos.
d) configuração da camada de valência.

2. d

3. (Unicamp-SP) A ureia (CH_4N_2O) é o produto mais importante de excreção do nitrogênio pelo organismo humano. Na molécula da ureia, formada por oito átomos, o carbono apresenta duas ligações simples e uma dupla, o oxigênio uma ligação dupla, cada átomo de nitrogênio três ligações simples e cada átomo de hidrogênio uma ligação simples. Átomos iguais não se ligam entre si. Baseando-se nessas informações, escreva a fórmula estrutural da ureia, representando ligações simples por um traço (—) e ligações duplas por dois traços (═).

4. (UCSal-BA) Ao formar ligações covalentes com o hidrogênio, a eletrosfera do silício adquire configuração de gás nobre. Com isso, é de se esperar a formação da molécula:

a) SiH
b) SiH_2
c) SiH_3
d) SiH_4
e) SiH_5

4. d

5. (Unifor-CE) Quando se comparam as espécies químicas CH_4, NH_3 e NaCl, pode-se afirmar que os átomos estão unidos por ligações covalentes somente no:

a) CH_4 e no NH_3
b) NH_3 e no NaCl
c) CH_4 e no NaCl
d) CH_4
e) NH_3

5. a

6. (Enem) A grafita é uma variedade alotrópica do carbono. Trata-se de um sólido preto, macio e escorregadio, que apresenta brilho característico e boa condutibilidade elétrica. Considerando essas propriedades, a grafita tem potência de aplicabilidade em:

a) Lubrificantes, condutores de eletricidade e cátodos de baterias alcalinas.
b) Ferramentas para riscar ou cortar materiais, lubrificantes e condutores de eletricidade.
c) Ferramentas para amolar ou polir materiais, brocas odontológicas e condutores de eletricidade.
d) Lubrificantes, brocas odontológicas, condutores de eletricidade, captadores de radicais livres e cátodo de baterias alcalinas.
e) Ferramentas para riscar ou cortar materiais, nanoestruturas capazes de transportar drogas com efeito radioterápico.

6. a

7. (Acafe-SC) A elaboração de modelos permite correlacionar as estruturas eletrônicas e as propriedades das substâncias. Nesse sentido, analise as afirmações.

I. Gás cloro: substância molecular; temperatura de ebulição baixa; apresenta ligação covalente.
II. Cloreto de sódio: substância metálica; temperatura de fusão alta; apresenta ligação metálica.
III. Dióxido de carbono: substância covalente; temperatura de ebulição alta; apresenta ligação covalente.
IV. Magnésio metálico: substância metálica; temperatura de fusão alta; apresenta ligação metálica.
V. Cloreto de magnésio: substância iônica; temperatura de fusão alta; apresenta ligação iônica.

Todas as afirmações corretas estão em:

a) I – II – III
b) I – IV – V
c) II – III – IV
d) III – IV – V

7. b

8. (Fuvest-SP) Os átomos dos metais alcalinoterrosos (M) apresentam dois elétrons em sua camada de valência. É de prever que os óxidos e os cloretos desses metais tenham, respectivamente, as fórmulas:

a) MO e MCl_2.
b) MO e MCl.
c) MO_2 e MCl.
d) MO_2 e MCl_4.

8. a

9. (Unitau-SP) Das seguintes substâncias, a única que não apresenta ligação covalente é:

a) HCl
b) H_2O_2
c) NH_3
d) CO_2
e) Al_2O_3

9. e

10. (PUC-RS) O elemento A tem número atômico 11 e o elemento B, 8. O composto mais provável formado pelos elementos A e B será:

a) líquido nas condições ambientais.
b) um sólido com baixa temperatura de fusão.
c) bom condutor de eletricidade quando fundido.
d) um composto de fórmula genérica AB_2.
e) insolúvel em água.

10. c

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

EDITORIA

CAPÍTULO 10

FUNDAMENTOS DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

De olho na BNCC:
- EM13CNT104
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT306
- EM13CHS304

PAULO VILELA/SHUTTERSTOCK

Os bolinhos de acarajé recheados com vatapá constituem um prato brasileiro de origem africana. O acarajé é uma massa de feijão-fradinho batido com condimentos. O vatapá é um caldo grosso que pode ser feito de pão amanhecido e farinha de trigo, que costuma ter peixe, camarão, pimentão verde ou vermelho e azeite de dendê em sua composição. Os ingredientes desses pratos fornecem diversas substâncias necessárias à nutrição humana. A metionina (proveniente, por exemplo, do peixe) e a lisina (encontrada no feijão) estão entre os aminoácidos essenciais, aqueles que nosso corpo não consegue produzir e, por isso, devem ser ingeridos. O amido (presente na farinha de trigo) é um carboidrato. As vitaminas A e E (presentes no azeite de dendê), a vitamina B_2 (existente no peixe) e a vitamina C (presente nos pimentões) são nutrientes importantes para o funcionamento adequado de nosso organismo.

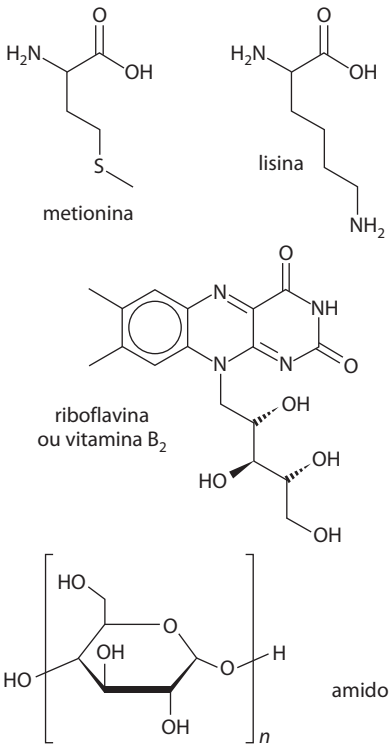
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Até a década de 1820, a expressão "compostos orgânicos" era usada para designar as substâncias produzidas por organismos vivos. Parte da comunidade científica pensava que era impossível produzi-las artificialmente. No entanto, algumas evidências experimentais mostravam que isso não era verdadeiro. Avanços em pesquisas, nas décadas seguintes, deixaram cada vez mais evidente que era possível produzir em laboratório substâncias que, anteriormente, eram obtidas exclusivamente de seres vivos. Com isso, a expressão **compostos orgânicos** passou a se referir aos **compostos que contêm carbono**. Estudá-los é a área de atuação da **Química Orgânica**. Atualmente, já foram identificados mais de 20 milhões de compostos orgânicos, sendo a maioria deles sintéticos. A obtenção artificial de compostos orgânicos pode ser realizada como alternativa à sua extração quando ela é tecnicamente inviável, para evitar a extinção de espécies ou pela possibilidade de obter uma substância de forma mais barata e em maiores quantidades em comparação com sua extração.

Algumas substâncias contendo carbono, no entanto, não são classificadas como compostos orgânicos. O carbonato de sódio (Na_2CO_3), por exemplo, é considerado um composto inorgânico em razão das suas propriedades físicas e químicas serem características de um sal inorgânico. Entre essas propriedades estão alta temperatura de fusão (856°C, a 1 atm), elevada solubilidade em água (30,7 g em 100 g de água, a 25 °C) e boa condutibilidade elétrica quando em solução aquosa.

Neste capítulo, vamos conhecer alguns compostos orgânicos e estudar termos e conceitos relacionados a eles. Como exemplos introdutórios, escolhemos algumas entre as muitas substâncias presentes no acarajé e no vatapá, pratos de origem africana trazidos para o Brasil na época colonial e que hoje fazem parte da culinária nordestina. Essas substâncias são a metionina ($C_5H_{11}NO_2S$), a lisina ($C_6H_{14}N_2O_2$), o amido [$(C_6H_{10}O_5)_n$] e a riboflavina ou vitamina B_2 ($C_{17}H_{20}N_4O_6$). Possíveis representações para suas moléculas estão na figura ao lado. Por que não há o símbolo do carbono em nenhuma dessas representações? O que são os traços em zigue-zague? O que significa o hexágono com um círculo na representação da riboflavina?

Entre as substâncias que contêm carbono mas não são consideradas orgânicas estão o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO_2), o gás cianídrico (HCN) e os sais denominados carbonatos e cianetos.

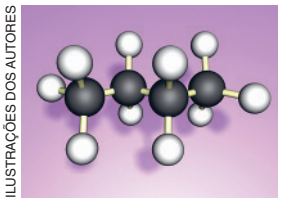
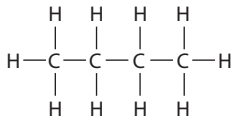
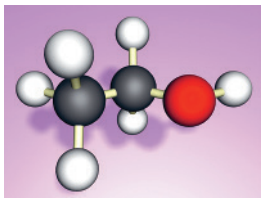
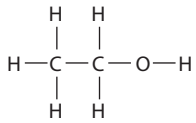


Representações de substâncias mencionadas no texto.
Dados de HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 92. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

1. Representações de moléculas orgânicas

No capítulo 9, vimos que uma das maneiras de representar uma molécula é por sua fórmula estrutural. Na Química Orgânica, as fórmulas estruturais podem ser muito grandes, dificultando sua escrita e leitura. Para facilitar a comunicação, utilizam-se representações simplificadas, como as fórmulas estruturais condensadas a seguir.

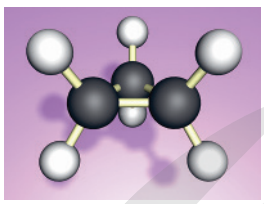
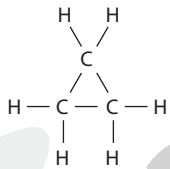
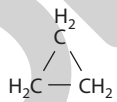
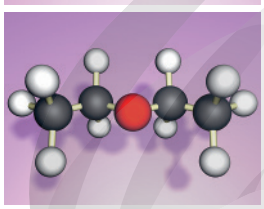
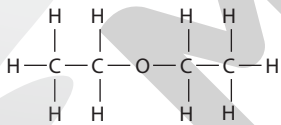
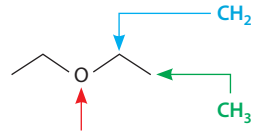
ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

Modelo molecular de esferas e varetas	Fórmula estrutural	Fórmula estrutural parcialmente condensada	Fórmula estrutural totalmente condensada
	 butano	$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_3$ ou $H_3C — CH_2 — CH_2 — CH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ ou $H_3CCH_2CH_2CH_3$
	 etanol	$CH_3 — CH_2 — OH$ ou $H_3C — CH_2 — OH$	CH_3CH_2OH ou H_3CCH_2OH

Os modelos moleculares foram apresentados para enfatizar a tridimensionalidade dessas moléculas. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

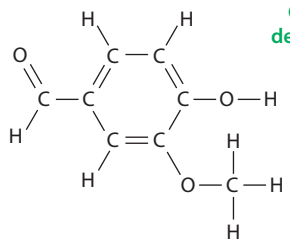
Note que, na fórmula estrutural parcialmente condensada, os átomos de hidrogênio são escritos junto dos átomos de carbono e que, na ponta esquerda, é equivalente escrever $CH_3—$ ou $H_3C—$. Perceba, também, que nas representações totalmente condensadas os traços de ligação são omitidos, sendo deduzidos pelo leitor. Uma forma ainda mais simplificada de representar uma molécula orgânica é por meio da fórmula estrutural com linhas. Veja alguns exemplos.

ILUSTRAÇÕES DOS AUTORES

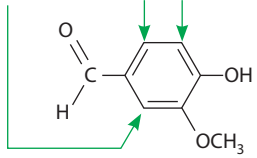
Modelo molecular de esferas e varetas	Fórmula estrutural	Fórmula estrutural parcialmente condensada	Fórmula estrutural com linhas
	 ciclopropano		Subentende-se que cada vértice tem um átomo de carbono. Cada traço representa uma ligação covalente. O número de átomos de hidrogênio é deduzido, considerando que o átomo de carbono faz 4 ligações.
	 éter dietílico	$CH_3 — CH_2 — O — CH_2 — CH_3$ ou $H_3C — CH_2 — O — CH_2 — CH_3$	 O símbolo do átomo de oxigênio deve ser escrito.

Os modelos moleculares foram apresentados à esquerda para enfatizar a tridimensionalidade dessas moléculas. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Na **fórmula estrutural com linhas**, nem os átomos de carbono nem os de hidrogênio ligados a eles são indicados. Átomos de outros elementos químicos devem ter seu símbolo representado, bem como os de hidrogênio ligados a eles, se houver. Ligações duplas são indicadas por dois traços e triplas, por três. Dependendo da conveniência, alguns átomos de carbono da estrutura podem ser explicitamente representados:



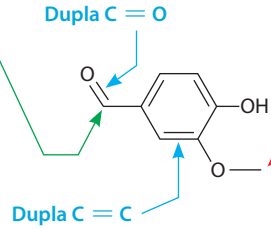
ou



Como o átomo de carbono faz 4 ligações, deduz-se que há 1 H ligado a estes carbonos.

vanilina (substância responsável pelo aroma natural de baunilha)

ou



Dupla C = O

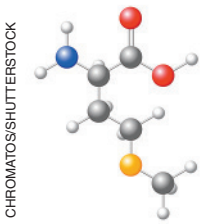
Dupla C = C

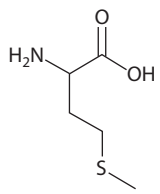
Subentende-se que aqui existe uma extremidade CH_3.

MODERNA

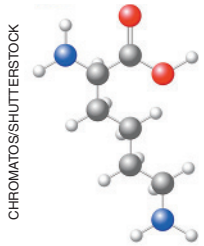
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

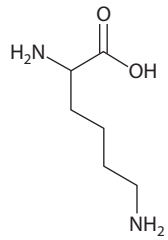
Agora, podemos retornar às moléculas representadas na abertura do capítulo, pois você já tem condições de interpretar duas delas, a da metionina e a da lisina. Observe que a seguir também foram representados modelos moleculares de esferas e varetas que, diferentemente da fórmula estrutural, fornecem informação sobre o arranjo tridimensional dos átomos no espaço.





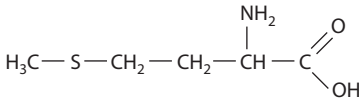
Modelo molecular e fórmula estrutural com linhas da metionina.



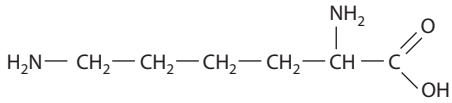


Modelo molecular e fórmula estrutural com linhas da lisina.

Observe, a seguir, outras possíveis formas de representar essas moléculas.

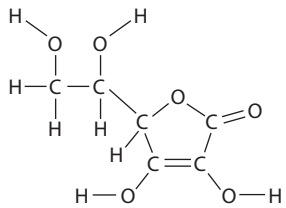


Fórmula estrutural da metionina.

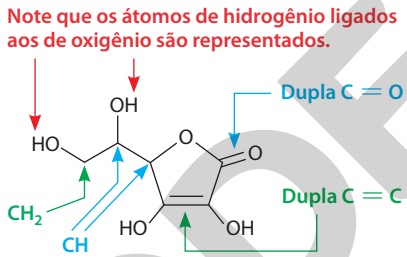


Fórmula estrutural da lisina.

Abaixo, à esquerda, está a fórmula estrutural do ácido ascórbico (ou vitamina C) e, à direita, a fórmula estrutural com linhas da mesma substância.



Simplificada com linhas



ácido ascórbico (vitamina C)

Dialogando com o texto

Compare cada um dos modelos moleculares ao lado com as respectivas fórmulas estruturais e verifique a correspondência entre as representações. Como parte da interpretação, deduza quais são as esferas usadas para representar os átomos de cada elemento químico, no modelo molecular.

Atividade em grupo

A substância **anetol** é responsável pelo aroma da erva-doce, bastante usada no Brasil para fazer chás e doces.

Já a substância **estragol** está presente em algumas variedades de manjericão, contribuindo para seu aroma.

Pesquisem na internet a fórmula estrutural desses dois compostos e analisem-nas. Qual é a diferença entre as moléculas de ambas?

Deduzam a fórmula molecular das duas substâncias e comparem-nas. A fórmula molecular, isoladamente, é suficiente para designar de modo inequívoco essas substâncias? Argumentem para justificar.

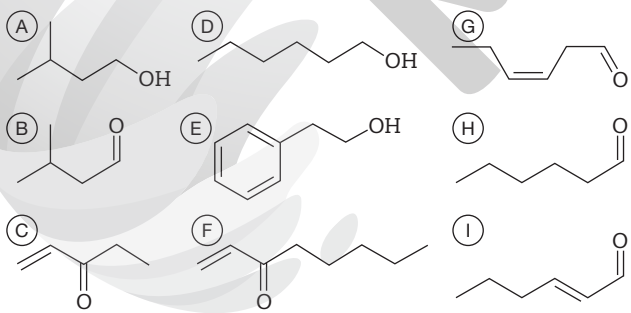
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

O aroma do tomate e dos molhos feitos com ele deve-se a algumas substâncias cujas moléculas estão representadas a seguir. As atividades **1** a **4** referem-se a essas moléculas.



1. Quais têm mesmo número de átomos de carbono?

2. Comparando **A** e **B**, qual tem mais átomos de hidrogênio?

3. Qual molécula tem a fórmula molecular igual à de **G**?

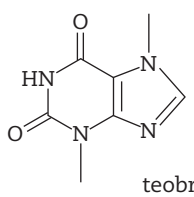
4. Qual das moléculas tem menos átomos de hidrogênio?

5. Na estante de reagentes de um laboratório, há um frasco com uma substância líquida. No rótulo, consta apenas a inscrição $C_6H_{10}O$. Explique por que essa informação **não** é suficiente para identificar corretamente a substância do frasco.

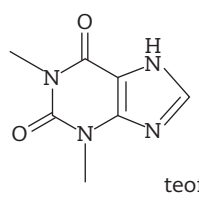
6. Uma estudante procurou na internet as fórmulas estruturais da teobromina, presente no chocolate, e da teofilina, usada **sob orientação médica** na terapia de algumas doenças pulmonares.

Analisando as fórmulas, reproduzidas abaixo, ela afirmou que essas duas substâncias têm a mesma fórmula molecular.

A afirmação da estudante é correta? Explique.



teobromina



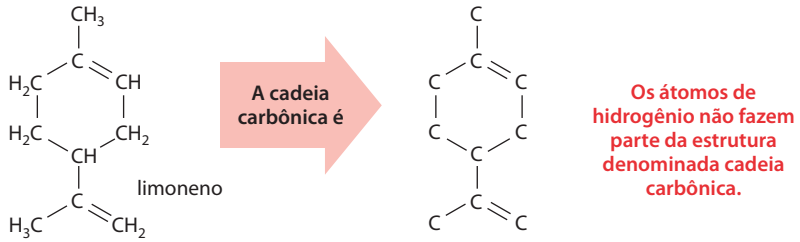
teofilina

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

MODELA

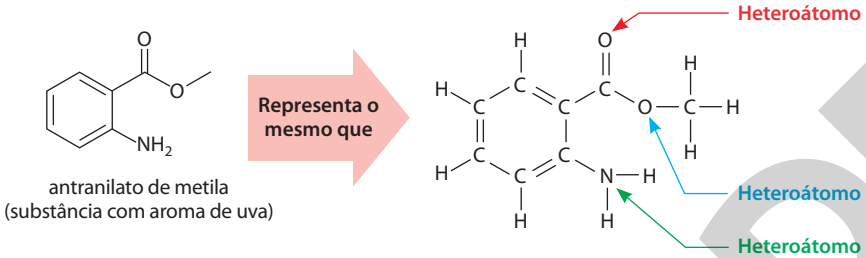
2. Cadeia carbônica

Todas as moléculas orgânicas têm um ou mais átomos de carbono, que constituem um esqueleto estrutural denominado **cadeia carbônica**. Considere, por exemplo, a molécula de limoneno, substância encontrada na casca do limão (Fig. 1). Sua fórmula estrutural e sua cadeia carbônica são:

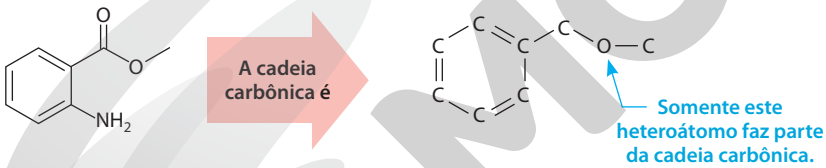


De acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), qualquer átomo existente em uma molécula orgânica que não seja de carbono ou de hidrogênio é denominado **heteroátomo**. Os exemplos mais frequentes são os átomos dos elementos químicos flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), iodo (I), oxigênio (O), enxofre (S), nitrogênio (N) e fósforo (P).

Na molécula da substância usada como aromatizante de uva (Fig. 2), por exemplo, existem três heteroátomos:

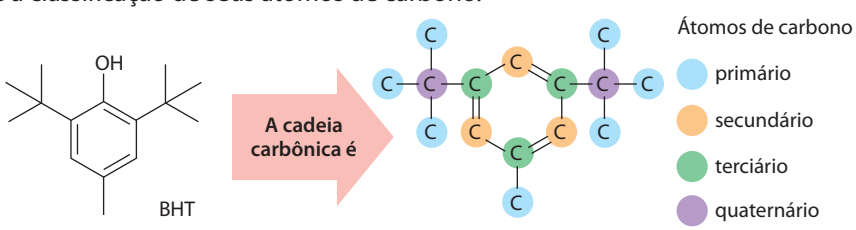


Quando um heteroátomo está presente entre dois átomos de carbono, é considerado integrante do esqueleto estrutural da molécula, ou seja, faz parte da cadeia carbônica. Se, ao contrário, o heteroátomo não está entre átomos de carbono, então não é incluído nela. Considerando o mesmo exemplo anterior:



Então, **cadeia carbônica** é a estrutura formada por **todos os átomos de carbono** de uma molécula orgânica e pelos **heteroátomos que estejam posicionados entre esses átomos de carbono**.

Ao fazer referência a determinado átomo de carbono de molécula orgânica, às vezes utilizam-se os termos **primário**, **secundário**, **terciário** ou **quaternário** para indicar que ele está ligado a, respectivamente, um, dois, três ou quatro outros átomos de carbono da cadeia carbônica. Para exemplificar, consideremos a substância hidroxitolueno butilado, comumente conhecida como BHT (Fig. 3), e a classificação de seus átomos de carbono.



Confira, por exemplo, FAVRE, H. A.; POWELL, W. H. *Nomenclature of Organic Chemistry: IUPAC recommendations and preferred names 2013*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014.

NATALY STUDIO/SHUTTERSTOCK

Figura 1 O limoneno é uma das substâncias responsáveis pelo aroma dos limões.

NITR/SHUTTERSTOCK

Figura 2 O aroma natural das uvas se deve a vários compostos. Na indústria alimentícia, ele é imitado com a utilização de antranilato de metila, aromatizante permitido pela legislação.

MOVING MOMENT/SHUTTERSTOCK

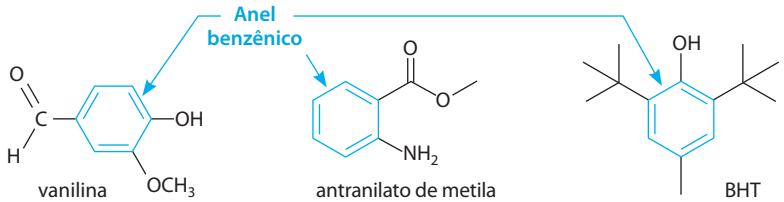
Figura 3 Para evitar que produtos que contenham manteiga ou margarina (certos biscoitos, por exemplo) estraguem por reação com o gás oxigênio, garantindo sua qualidade ao consumidor, a Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) permite a adição de BHT. Esse uso obedece a limites estipulados pela própria agência, que valem para todo o Brasil. Você pode pesquisar os teores máximos permitidos em produtos buscando por "Anvisa antioxidante 321 limite em alimentos".

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

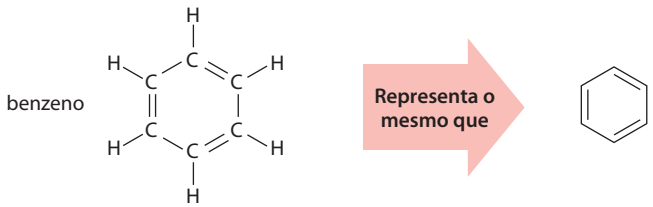
MODERNA

3. Anel benzênico

Entre as fórmulas que mostramos nos itens 1 e 2 estão a da vanilina, a do antranilato de metila e a do BHT. A estrutura cíclica com seis átomos de carbono com ligações simples e duplas alternadas que existe nessas fórmulas é o **anel benzênico**.

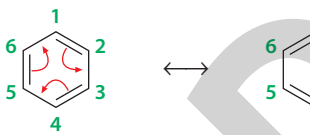


O anel benzênico tem esse nome devido à substância **benzeno** (Fig. 4), cuja molécula pode ser assim representada:

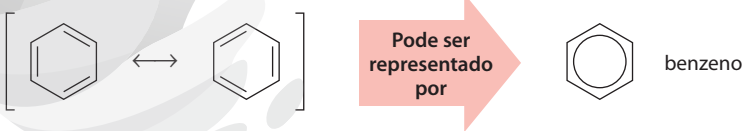


Vamos colocar um número, de 1 a 6, em cada átomo de carbono do benzeno. Mudando apenas a posição das ligações duplas, sem alterar a posição dos átomos de carbono e dos de hidrogênio, podemos obter outra estrutura válida.

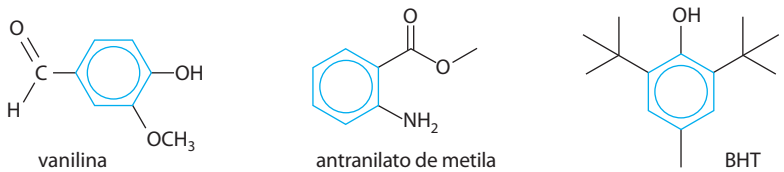
As setas em vermelho esclarecem quais alterações na posição dos pares de elétrons convertem uma estrutura na outra.



Essas duas representações são chamadas de **estruturas de ressonância** do benzeno. Nenhuma delas, de modo isolado, representa completamente o composto, pois verifica-se experimentalmente que todas as ligações entre os átomos de carbono do anel benzênico têm o mesmo comprimento e a mesma energia de ligação, ou seja, são idênticas. Utiliza-se a simbologia ⟷ para indicar que o benzeno é um **híbrido de ressonância** de ambas as estruturas. Como as estruturas de ressonância, consideradas individualmente, não representam de maneira completa a molécula de benzeno, ela costuma ser representada da maneira a seguir, na qual a circunferência no interior do hexágono indica que as ligações duplas não estão localizadas permanentemente nas posições indicadas em uma ou em outra das estruturas de ressonância.



O mesmo tipo de representação pode ser empregado em substâncias que tenham o anel benzênico. Assim, por exemplo:



LUCAS LACAZ RUIZ / FOTOARENA

Figura 4 O benzeno é um líquido incolor, altamente inflamável e de cheiro forte e característico. Seus vapores, se inalados, podem causar, entre outros problemas, tontura, dor de cabeça, vômitos, distúrbios visuais e inconsciência. A exposição ao benzeno por períodos prolongados pode provocar leucemia. Durante o abastecimento de veículos com gasolina (foto), há desprendimento de vapores tóxicos, entre eles benzeno. Não se deve, portanto, inalá-los.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Durante uma aula de Ciências, a professora comentou que o metabolismo humano (conjunto das reações químicas que ocorrem no nosso organismo) não sintetiza (não produz) anel benzênico, mas, em certos casos, pode substituir um —H dele por um —OH. Em um organismo humano saudável, há substâncias com anel benzênico, mas ele provém dos alimentos.

Dos vinte aminoácidos comumente usados na síntese celular de proteínas, pesquisem quais têm anel benzênico e registrem suas fórmulas estruturais. A seguir, investiguem quais desses são **essenciais**, ou seja, **precisam ser ingeridos na alimentação,** e estabeleçam **uma relação** entre o resultado dessa investigação e as informações apresentadas pela professora.

Apresentem as conclusões em um texto com os argumentos em que elas se baseiam. Considerando esse contexto, expliquem por que é importante ter uma dieta balanceada.

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

MODERNA

4. Atributos das cadeias carbônicas

Vamos, agora, apresentar terminologias que designam alguns atributos de uma cadeia carbônica (Fig. 5). Tenha em mente que o vocabulário científico não é um fim em si mesmo, mas facilita a comunicação, tornando-a mais concisa e menos sujeita a erros.

Uma cadeia é **fechada** (ou **cíclica**) quando os átomos que a constituem formam um ou mais anéis fechados, ciclos. Caso não apresente ciclos, ela é classificada como **aberta** (ou **acíclica**).

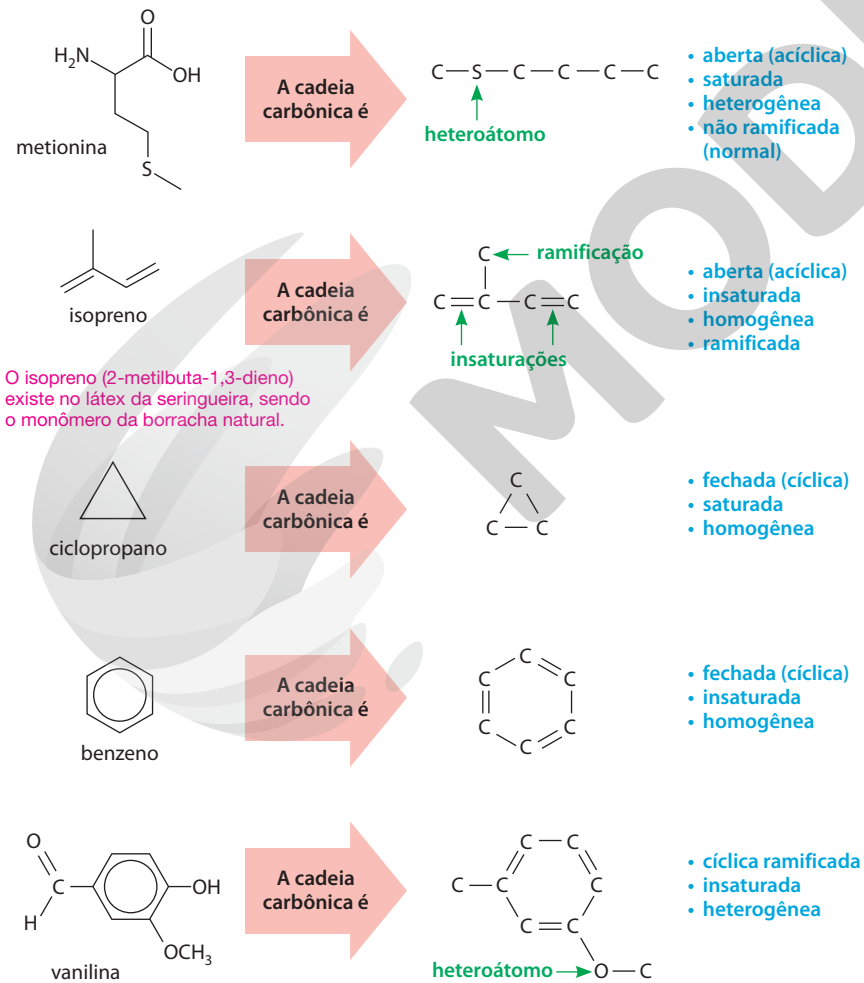
Se uma cadeia for aberta, pode ser **ramificada** (mais de duas extremidades) ou **não ramificada** (apenas duas extremidades), também chamada **normal**.

Se uma mesma cadeia tiver uma parte cíclica e outra não cíclica, diz-se que ela é **cíclica ramificada**.

Em uma estrutura orgânica, cada ligação dupla ou tripla *entre átomos de carbono* é chamada **insaturação**. Assim, uma cadeia em que haja uma ou mais ligações duplas e/ou triplas *entre átomos de carbono* é denominada **insaturada**. (Atente bem, *entre átomos de carbono*!) Caso a cadeia apresente apenas ligações simples entre seus átomos de carbono, ela é **saturada**.

Se um ou mais heteroátomos estiverem incluídos na cadeia carbônica, ela é dita **heterogênea**, e, caso contrário, **homogênea**. No caso de cadeias cíclicas, podem ser usados os termos **heterocíclica**, para expressar a presença de heteroátomo no ciclo, e **homocíclica**, para indicar sua ausência.

A seguir, apresentamos exemplos da classificação de cadeias carbônicas, ou seja, da utilização das terminologias apresentadas.



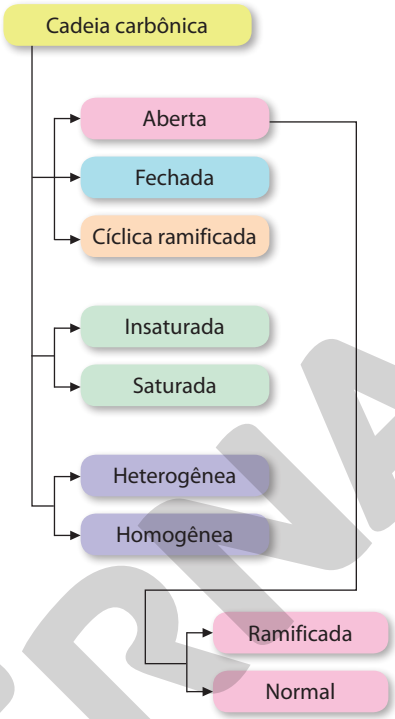


Figura 5 Esquematização de alguns atributos de uma cadeia carbônica.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

O *anil* (ou *indigotina*, ou *índigo blue*) é um composto orgânico que foi obtido originalmente da planta *Indigofera suffruticosa*, também conhecida como anileira. Atualmente, ele é obtido principalmente por meio da sua síntese artificial em laboratórios e indústrias.

Investiguem a fórmula estrutural desse composto e indiquem atributos de sua cadeia carbônica. Em seguida, realizem uma pesquisa para entender por que ele é obtido preferencialmente de forma sintética. Compartilhem o resultado com os colegas, explicando como os conhecimentos científicos podem atuar de forma que favoreçam a preservação do meio ambiente.

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

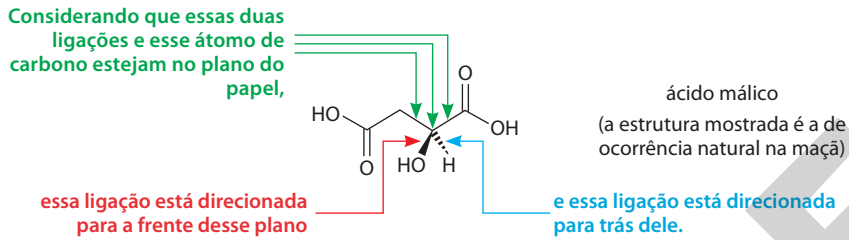
MODERNA

5. Estereoquímica do carbono saturado

Quando os átomos de carbono estabelecem quatro ligações covalentes simples, eles são classificados como **carbonos saturados**, e, junto com os quatro átomos a eles ligados, apresentam uma disposição no espaço denominada **tetraédrica**. Essa forma de organização espacial pode ser observada, por exemplo, em um modelo molecular do metano (CH_4), como o da Figura 6.

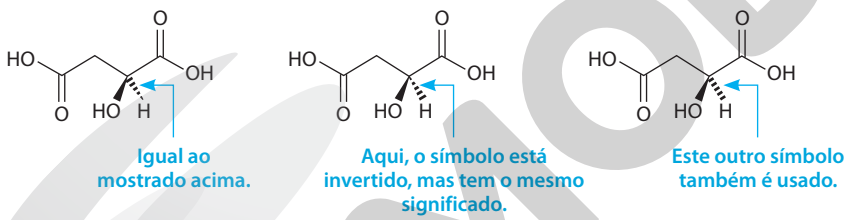
Junto de cada imagem do modelo, há uma representação da molécula na qual a posição das ligações (em relação à página) é representada de um modo específico: o símbolo — indica ligação no plano do papel; ◄ representa ligação direcionada à frente do papel e ┈┈ denota ligação dirigida para trás desse plano.

Ao representar determinados compostos orgânicos, especialmente em estudos de Bioquímica, Farmacologia e Nanotecnologia, é frequente usar essas indicações, que constituem a **representação estereoquímica do carbono saturado** (do grego *stereós*, espacial, tridimensional). Veja, por exemplo, a seguinte fórmula estrutural do ácido málico (encontrado na maçã), na qual se esclarece a posição de um átomo de hidrogênio e de um grupo hidroxila (—OH):

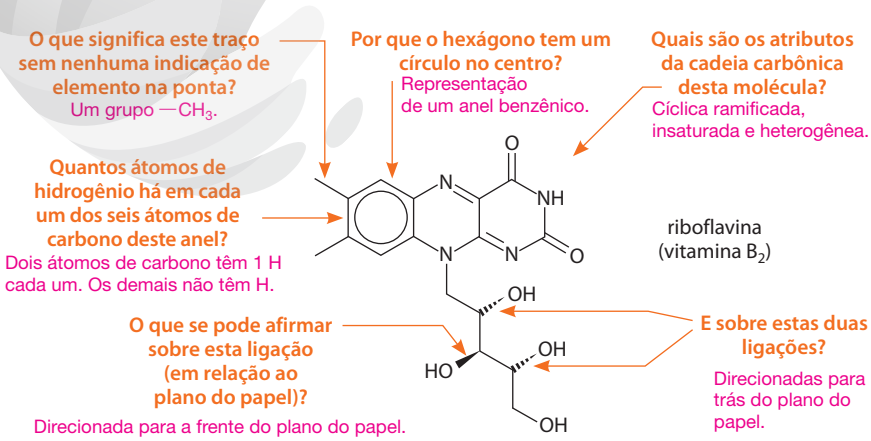


ácido málico
(a estrutura mostrada é a de ocorrência natural na maçã)

Ao pesquisar fórmulas estruturais em diversas fontes, você encontrará três modos distintos, e todos corretos, de indicar uma ligação direcionada para trás do plano do papel. Usando o mesmo composto como exemplo:



Tendo estudado o capítulo até aqui, você tem condições de interpretar, em sua totalidade, a fórmula da riboflavina (vitamina B_2) apresentada na abertura. Ela está reproduzida abaixo, com algumas perguntas para auxiliá-lo na interpretação.



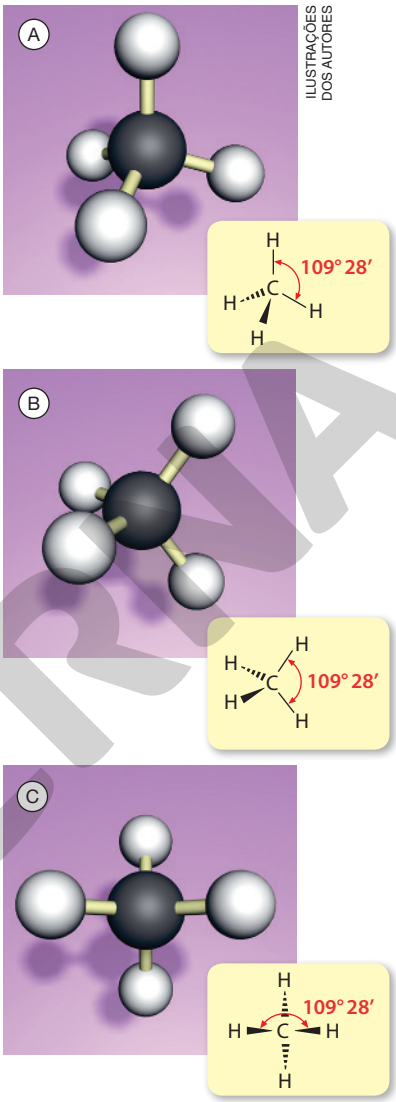


Figura 6 Modelo molecular do metano visto de diferentes ângulos. As ligações dispõem-se em uma geometria tetraédrica, com um ângulo de 109° 28′ entre elas. (Representações fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Uma das metas do estudo de Ciências da Natureza é desenvolver autonomia para acessar informações científicas, compreendê-las e aprender com isso. Depois de estudar este capítulo, os estudantes estarão aptos a compreender fórmulas estruturais em livros técnicos, enciclopédias e páginas da internet. Este item insere-se nesse propósito didático de capacitar os estudantes a interpretarem fórmulas estruturais orgânicas, pois, como o carbono saturado não é planar, há indicações específicas sobre sua estereoquímica em muitas estruturas orgânicas. (Ao contrário dele, carbonos insaturados são planares: os insaturados por uma tripla ou por duas duplas são lineares e os insaturados por uma dupla são trigonais planos.)

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

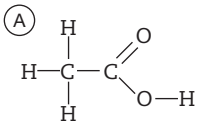
MODERNA

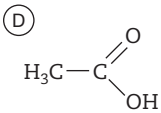
Aplicando conhecimentos

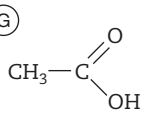
Registre as respostas em seu caderno.

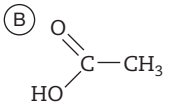
Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

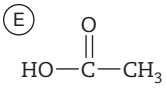
7. Uma professora de Ciências apresentou a fórmula do ácido acético (A) e solicitou uma pesquisa sobre algumas de suas propriedades. Nos trabalhos entregues, diferentes estudantes representaram a substância das maneiras mostradas nas fórmulas (B) a (I). Quais dessas representações estão corretas? Por quê?

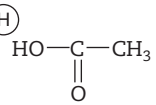
A 

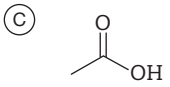
D 

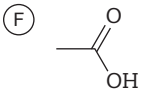
G 

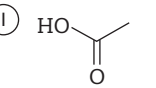
B 

E 

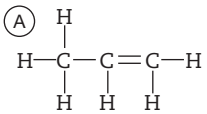
H 

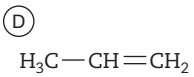
C 

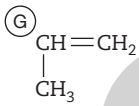
F 

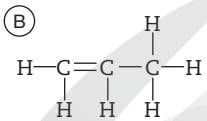
I 

8. Interessado em aprender mais sobre a substância chamada propeno (ou propileno), usada na indústria petroquímica (aquela que utiliza matérias-primas provenientes do petróleo) para a produção de plástico, um estudante encontrou as seguintes fórmulas na internet e ficou em dúvida se todas representam, de fato, a mesma substância. Analise-as e responda à dúvida do estudante.

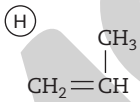
A 

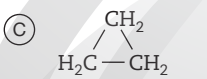
D 

G 

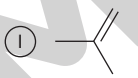
B 

E

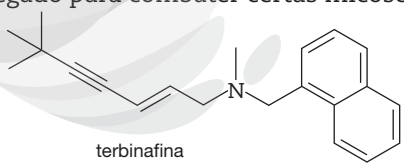
H 

C 

F

I 

9. A substância cuja fórmula e cujo nome genérico são mostrados a seguir é o princípio ativo de um medicamento que, **sob receita e orientação médica**, é empregado para combater certas micoses.



terbinafina

a) Explique com suas palavras o que vem a ser *princípio ativo* de um medicamento.

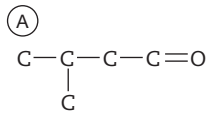
b) Considerando a fórmula estrutural apresentada, determine a fórmula molecular da terbinafina.

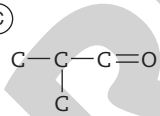
c) Quantos átomos existem na cadeia carbônica da molécula do composto representado?

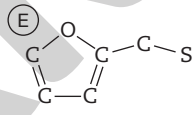
10. Sobre a fórmula estrutural da substância da atividade anterior, verifique nela a existência de átomos de carbono primários, secundários, terciários e quaternários e, a seguir, elabore um esquema no caderno para indicar os átomos de carbono de cada tipo.

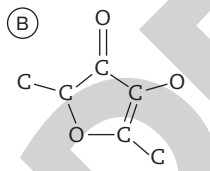
11. Que atributos você reconhece na cadeia carbônica da substância da atividade 9? Explique.

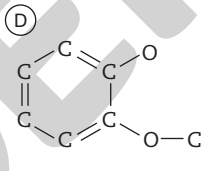
12. Uma pesquisadora da qualidade do café fez um cartaz sobre esse tema para apresentar em um congresso. Das centenas de substâncias presentes no grão após a torrefação, ela escolheu algumas que, extraídas pela água quente durante o preparo, contribuem expressivamente para o aroma da bebida. Devido a um problema no aplicativo de edição de fórmulas, algumas delas (reproduzidas abaixo, com a indicação de aroma) saíram sem os átomos de hidrogênio. Reescreva-as no caderno, corrigindo o erro.

A 
(frutado)

C 
(floral)

E 
(tostado)

B 
(caramelado)

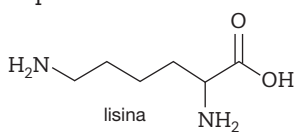
D 
(picante)

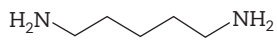
Grãos de café (*Coffea arabica*) torrados.

TOHSAPOL PONGSOMJIT/ SHUTTERSTOCK

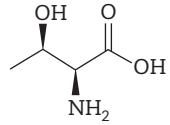
13. Considerando as substâncias da atividade anterior, represente por uma fórmula estrutural com linhas a que contém anel benzênico e as que apresentam heterociclo (um ciclo que inclui heteroátomo).

14. Quando a carne apodrece, ocorrem diversas reações químicas, uma das quais é a transformação de lisina (um aminoácido) em cadaverina, uma das substâncias que conferem odor desagradável à carne estragada. Nessa reação, forma-se também outro produto, uma substância inodora com moléculas constituídas de três átomos. A 25 °C e 1 atm, essa substância é gasosa. Considerando as fórmulas estruturais apresentadas abaixo, equacione a reação química mencionada e argumente como deduziu qual é a outra substância formada.


lisina


cadaverina

15. Ao lado está a representação do aminoácido treonina, essencial em nossa alimentação. Explique o significado da representação estereoquímica utilizada.


treonina

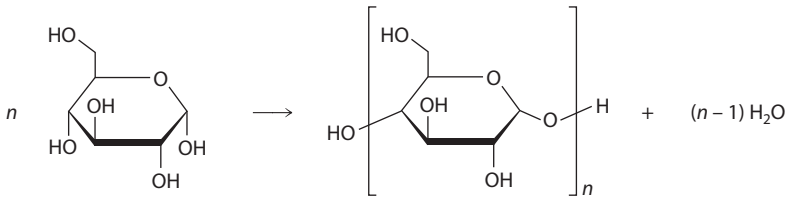
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

6. Polímeros

Das quatro fórmulas estruturais mostradas no início do capítulo, já interpretamos três delas. Resta interpretar a do amido, que é um exemplo de **polímero** (do grego *poli*, muitas, *mero*, parte), material constituído de **macromoléculas**, estruturas de elevada massa molecular, com valores que, em geral, variam de algumas centenas a milhares de unidades de massa atômica (para efeito de comparação, a massa de uma molécula de água é 18 unidades de massa atômica).

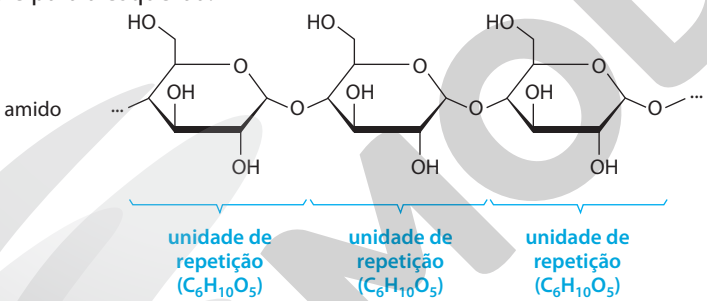
Em geral, as macromoléculas, naturais ou artificiais, são formadas pela repetição de unidades fundamentais, iguais ou diferentes, originadas de moléculas, chamadas **monômeros**, que reagem para formar a macromolécula. O amido se origina do monômero glicose por meio de uma **reação de polimerização** que pode ser assim equacionada:



glicose ($C_6H_{12}O_6$) (monômero) — amido (polímero)

Essa equação – na qual se subentende que *n* é um número muito grande (da ordem de centenas) – representa que *n* moléculas de glicose reagem para formar uma molécula de amido e *n* – 1 moléculas de água. Na molécula de amido formada, a unidade de repetição que provém do monômero (a estrutura representada entre colchetes) repete-se *n* vezes, conforme indicado pelo índice *n*.

Em diversas publicações, você encontrará o amido representado como mostrado a seguir, com reticências (...), indicando que a molécula continua para a direita e para a esquerda.



As unidades de repetição, provenientes do monômero, repetem-se centenas de vezes. Na extremidade esquerda da primeira delas, há um grupo —OH, não representado. E, na extremidade direita da última delas, existe um —H, também não representado. Cada unidade de repetição tem fórmula molecular $C_6H_{10}O_5$, razão pela qual o amido é frequentemente representado pela fórmula molecular $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Os polissacarídios (dos quais o amido é um exemplo), as proteínas e os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são **polímeros naturais**. Além de reproduzir vários polímeros naturais em laboratório, os cientistas desenvolveram outros visando a propósitos específicos. Atualmente, há grande diversidade de **polímeros sintéticos**, que são projetados e produzidos para atender a determinadas finalidades (Fig. 7).

Muitos dos polímeros sintéticos são compostos orgânicos e apresentam, portanto, longas cadeias carbônicas. As condições experimentais em que se realiza a reação de polimerização influenciam as propriedades do produto formado (por exemplo, resistência e grau de elasticidade) e, consequentemente, suas aplicações.

HAGLEY MUSEUM AND ARCHIVE/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 7 A química estadunidense de ascendência polonesa Stephanie Louise Kwolek (1923-2014), em foto de 1995. Ela inventou o polímero kevlar, de elevada resistência, que é usado, por exemplo, em capacetes, luvas, equipamentos para bombeiros, artigos esportivos e coletes para policiais.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Fazer **divulgação científica** é mostrar ao público não especializado o que são as Ciências da Natureza e qual sua relevância.

Nesta atividade, os membros de cada grupo devem elaborar um vídeo de divulgação científica, com linguagem e dinâmica apropriadas para prender a atenção e mostrar a **importância da Ciência e da Tecnologia para o desenvolvimento de polímeros utilizados pela sociedade**. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.) No caso, trata-se de divulgar a relevância da Química e de suas tecnologias.

Cada equipe deve investigar, a critério do professor, de três a cinco **polímeros**, suas características, importância, produção e aplicabilidade no cotidiano. O vídeo deve incluir **argumentos** claros sobre a importância da Ciência e da Tecnologia.

Lembrem-se de que adquirir vocabulário (científico ou não) é parte integrante de uma atividade desse tipo. Quem estuda deve também aprender a se expressar corretamente.

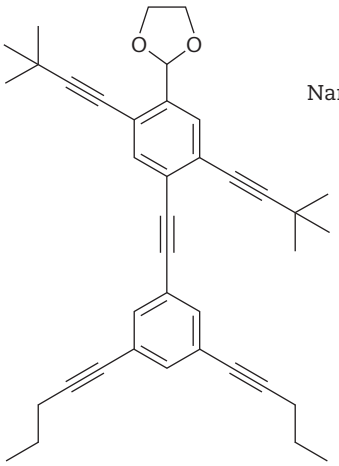
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (Enem) As moléculas de *nanoputians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em Química Orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:

1. a



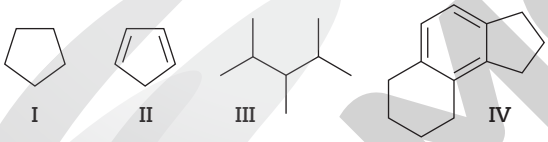
NanoKid

CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 68, n. 23, 2003 (adaptado).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

a) Mãos.
b) Cabeça.
c) Tórax.
d) Abdômen.
e) Pés.

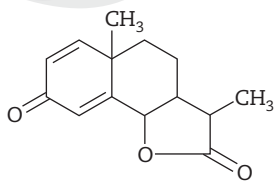
2. (Vunesp) O petróleo, a matéria-prima da indústria petroquímica, consiste principalmente de hidrocarbonetos, compostos contendo apenas carbono e hidrogênio na sua constituição molecular. Considerando os hidrocarbonetos **I**, **II**, **III** e **IV**, dê as fórmulas moleculares de cada composto.



I II III IV

3. (Unama-PA) Do vegetal conhecido no Brasil como absinto (ou losna), obtém-se a substância **santonina** que, administrada em doses orais, mostra-se eficaz no combate ao *Ascaris lumbricoides* causador da verminose conhecida como lombriga. Da análise da fórmula estrutural plana da **santonina** ilustrada abaixo, conclui-se que o número de ligações duplas e o número de átomos de carbono presentes na molécula desta substância são, respectivamente, iguais a:

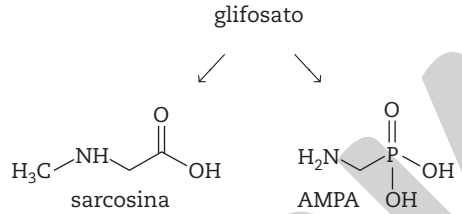
3. d



a) 2 e 14. **b)** 4 e 12. **c)** 2 e 12. **d)** 4 e 14.

4. (Enem) O glifosato ($C_3H_8NO_5P$) é um herbicida pertencente ao grupo químico das glicinas, classificado como não seletivo. Esse composto possui os grupos funcionais carboxilato, amino e fosfonato. A degradação do glifosato no solo é muito rápida e realizada por grande variedade de microrganismos, que usam o produto como fonte de energia e fósforo. Os produtos da degradação são o ácido aminometilfosfônico (AMPA) e o *N*-metilglicina (sarcosina):

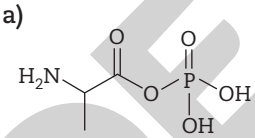
4. b



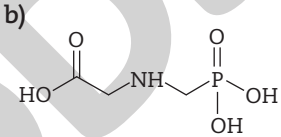
AMARANTE JR., O. P. *et al. Química Nova*. São Paulo, v. 25, n. 3, 2002 (adaptado).

A partir do texto e dos produtos de degradação apresentados, a estrutura química que representa o glifosato é:

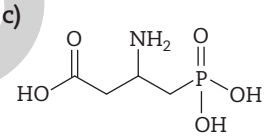
a)



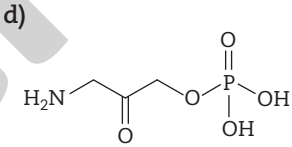
b)



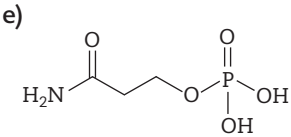
c)



d)

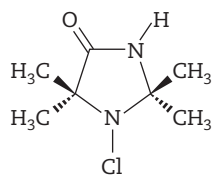


e)



5. (Uerj) Na fabricação de tecidos de algodão, a adição de compostos do tipo *N*-haloamina confere a eles propriedades biocidas, matando até bactérias que produzem mau cheiro. O grande responsável por tal efeito é o cloro presente nesses compostos.

5. c



A cadeia carbônica da *N*-haloamina acima representada pode ser classificada como:

a) homogênea, saturada, normal
b) heterogênea, insaturada, normal
c) heterogênea, saturada, ramificada
d) homogênea, insaturada, ramificada

MODERNA

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

CAPÍTULO

11

ESTUDO E APLICAÇÕES DOS VETORES

ILUSTRAÇÃO: JOÃO SALOMÃO

Localizações e rotas em um mapa são representações geométricas que indicam deslocamento em um plano cartesiano, com direção e sentido.

Imagine que você vai de ônibus visitar parentes que acabaram de se mudar de cidade. É sua primeira visita e, ao chegar à rodoviária, você percebe que está sem bateria no celular e, portanto, não pode consultar a rota que havia traçado para chegar à casa deles. Você sabe que a casa fica a leste da cidade, ao lado de uma praça. Ao sair da rodoviária, você pede informações a um desconhecido que lhe diz: caminhe por duas quadras, vire à esquerda, caminhe mais duas quadras e meia e você chegará ao local desejado. Com essa informação, você vai conseguir chegar onde quer?

Aplicativos de mapas disponíveis em computadores e dispositivos móveis costumam apresentar rotas de deslocamento entre dois pontos, sinalizadas por direção e sentido. Essas rotas nada mais são do que representações gráficas em um plano cartesiano. O resultado de pequenos deslocamentos em uma rota pode ser expresso pelo vetor deslocamento resultante, conforme será apresentado ao longo do capítulo. A história do conceito de vetor remonta aos anos 1600, quando o matemático e cientista Pierre de Fermat (1607-1665) e o filósofo, físico e matemático René Descartes (1596-1650), ambos franceses, estudavam propriedades das curvas planas. O conceito de vetor como o conhecemos hoje foi introduzido em 1835 pelo matemático italiano Giusto Bellavitis (1803-1880), que utilizou o plano cartesiano para definir operações com segmentos com o mesmo comprimento, mesma direção e mesmo sentido, antecipando, assim, o conceito de vetor euclidiano, embora ele não usasse a palavra vetor. O termo vetor só foi introduzido em 1853 pelo matemático, físico e astrônomo irlandês William Rown Hamilton (1805-1865), como parte dos números hipercomplexos (*quaternions*). Ao longo dos anos 1880 e 1890, o cientista estadunidense J. Willard Gibbs (1839-1903) e o engenheiro e matemático inglês Oliver Heaviside (1850-1925) criaram a notação vetorial que usamos até hoje.

A palavra vetor apresenta diferentes significados dependendo da área do conhecimento em que é aplicada.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT204**
- **EM13CNT301**
- **EM13CHS101**
- **EM13CHS106**
- **EM13MAT302**
- **EM13MAT308**

EM MOD

Em Matemática e Física, um vetor é a representação geométrica de uma grandeza física dotada de intensidade, direção e sentido. Em Biologia, vetor remete à ideia de transmissor ou transportador que hospeda um vírus e espalha algum tipo de doença infecciosa. É importante entender os diferentes significados do termo vetor, não apenas em Física, Matemática e Epidemiologia, mas também em situações-problema enfrentadas em Genética, Programação Computacional ou, ainda, em História Antiga. Este capítulo tratará do conceito de vetor e mostrará as diferenças entre os conceitos de grandeza escalar e vetorial. Serão tratadas também as operações entre vetores (adição e subtração), a multiplicação de um vetor por um escalar e a aplicação desse conceito em movimentos em duas dimensões, como os lançamentos horizontal e oblíquo.

1. Grandezas escalares e grandezas vetoriais

Para o estudo dos movimentos em duas ou três dimensões, é necessário distinguir dois tipos de grandezas físicas: **grandezas escalares** e **grandezas vetoriais**. A grandeza **escalar** é caracterizada por seu valor numérico acompanhado da correspondente unidade de medida, quando houver. São exemplos de grandezas físicas escalares, todas elas dotadas de unidades, a massa de um corpo, a temperatura de um forno, o volume ocupado por um gás, a densidade ou massa específica de um líquido, a pressão do ar dentro do pneu de um automóvel ou a energia cinética de um veículo em movimento. Essas são grandezas físicas **dimensionais**. O índice de refração de um material e o coeficiente de atrito entre duas superfícies são exemplos de grandezas físicas escalares não dotadas de unidade de medida. Essas são grandezas físicas **adimensionais**.

Entretanto dada a velocidade de um móvel (80 km/h, por exemplo), percebemos que apenas essa informação não oferece elementos para sabermos para onde o móvel está indo. Isso acontece porque a velocidade escalar indica apenas a **rapidez** com que o móvel se desloca. Ela não apresenta informações sobre a orientação espacial desse movimento, isto é, sua direção e seu sentido. Por essa breve análise, constatamos que a velocidade é uma grandeza física **vetorial**. Para caracterizar uma grandeza física vetorial, precisamos conhecer seu valor numérico, denominado **módulo** ou **intensidade**, seguido da correspondente unidade de medida, e sua **direção** e seu **sentido**. Em geral, uma grandeza vetorial é indicada por uma letra encimada por uma seta, por exemplo $\vec{a}$. A intensidade, ou o módulo, de uma grandeza física pode ser indicada por $|\vec{a}|$ ou apenas por a. Uma grandeza física vetorial pode ser representada graficamente por um segmento de reta, que indica sua direção, dotado de uma seta, indicativa de seu sentido e, quando conhecido, seu valor numérico seguido da correspondente unidade de medida, indicando sua intensidade, ou módulo. Tal representação é denominada **vetor**. Para caracterizar a grandeza física velocidade, no exemplo citado, poderíamos dizer que, em determinado instante, o veículo movimenta-se com velocidade $\vec{v}$ de módulo $v = 80$ km/h na direção norte-sul e no sentido de sul para norte. Essa velocidade vetorial instantânea pode ser representada por um vetor (Fig. 1).

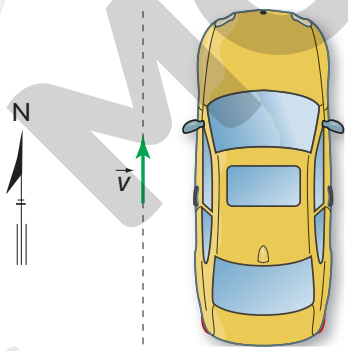


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 1 Representação gráfica da velocidade vetorial $\vec{v}$ do carro num determinado instante.

As grandezas físicas vetoriais mais comuns no nosso dia a dia são os deslocamentos, as velocidades, as acelerações e as forças.

2. Operações com grandezas vetoriais

Em muitas situações, um corpo pode ter mais de uma velocidade, mais de uma aceleração ou, ainda, estar sujeito a mais de uma força. Nesses casos, quase sempre será preciso determinar a **velocidade resultante**, a **aceleração resultante** ou a **força resultante**. Existem três operações básicas com vetores: a **adição** vetorial, a **subtração** vetorial e a **multiplicação** de um vetor por um escalar. A seguir estudaremos essas operações.

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

Adição de vetores

Para obter o vetor **soma** $(\vec{v}_s)$, ou vetor **resultante** da adição de dois vetores, $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, podemos utilizar a **regra do paralelogramo** ou o **método da linha poligonal**.

Regra do paralelogramo

Os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ (Fig. 2.A) são posicionados de modo que suas origens coincidam (Fig. 2.B). Pela extremidade de $\vec{v}_1$, traça-se uma reta paralela a $\vec{v}_2$ e, pela extremidade de $\vec{v}_2$, traça-se uma reta paralela a $\vec{v}_1$, obtendo-se, assim, um paralelogramo (Fig. 2.C).

O vetor $\vec{v}_S$, cuja origem coincide com a origem comum dos vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ e com a extremidade no vértice oposto do paralelogramo (Fig. 2.D), é o **vetor soma** ou **resultante**.

$$\vec{v}_S = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

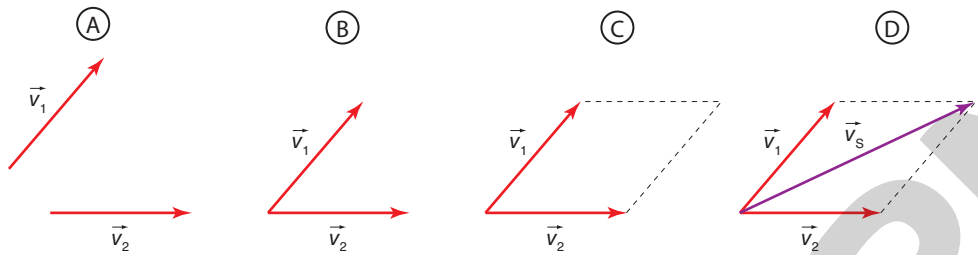


Figura 2 Adição de vetores pela regra do paralelogramo.

Método da linha poligonal

Os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ (Fig. 3.A) são posicionados de modo que a origem de um deles coincida com a extremidade do outro (Fig. 3.B). A origem do vetor soma $\vec{v}_S$ coincide com a origem do primeiro vetor da sequência e tem extremidade no último vetor da sequência (Fig. 3.C). O resultado não se altera se invertermos a sequência dos vetores (Fig. 3.D).

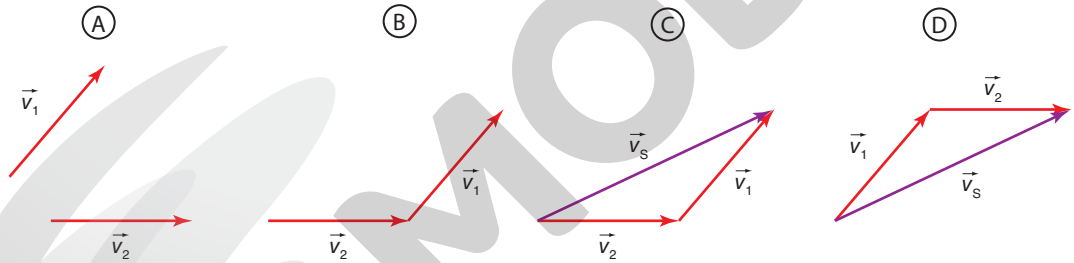


Figura 3 Adição de vetores pelo método da linha poligonal.

O método da linha poligonal pode ser aplicado para dois ou mais vetores. Os vetores podem ter direções diferentes (Fig. 4) ou a mesma direção (Fig. 5). Em todos os casos, a sequência em que os vetores são colocados não importa.

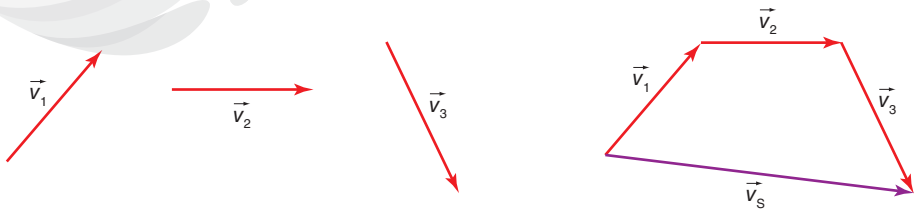


Figura 4 Adição de vetores de direções diferentes: $\vec{v}_S = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3$

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

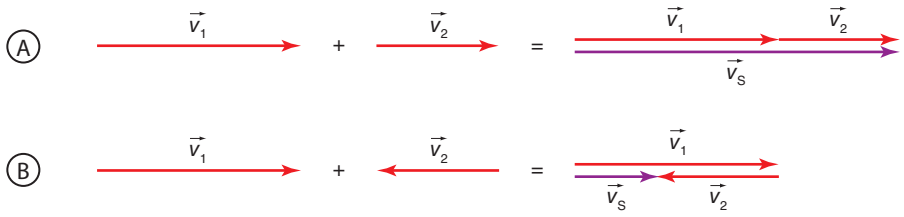


Figura 5 (A) Adição de vetores de mesma direção e mesmo sentido; (B) adição de vetores de mesma direção e sentidos opostos.

Vetor oposto de um vetor $\vec{v}$

O vetor que tem a mesma direção de um vetor $\vec{v}$, o mesmo módulo e sentido oposto é denominado **vetor oposto de $\vec{v}$**, dado por $-\vec{v}$ (Fig. 6).

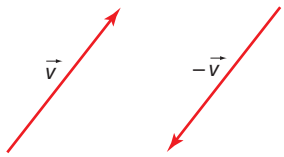


Figura 6 Vetor oposto de um vetor $\vec{v}$.

Subtração de vetores

Para efetuar a subtração dos vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, nessa ordem, temos de fazer a adição do vetor $\vec{v}_1$ com o vetor oposto de $\vec{v}_2$ (Fig. 7).

O vetor obtido é o vetor diferença: $\vec{v}_D = \vec{v}_1 + (-\vec{v}_2) = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$

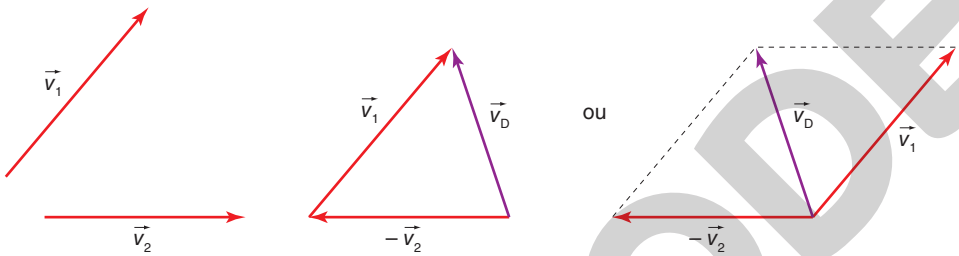


Figura 7 Subtração de vetores.

Multiplicação de um número real *n* por um vetor $\vec{v}$

O produto de um número real n por um vetor $\vec{v}$ é o vetor $\vec{p} = n \cdot \vec{v}$ com as seguintes características:

- a direção de $\vec{p}$ é a mesma de $\vec{v}$;
- o sentido de $\vec{p}$ é o mesmo de $\vec{v}$ se $n > 0$ e oposto ao de $\vec{v}$ se $n < 0$;
- o módulo de $\vec{p}$ é dado por $|\vec{p}| = |n| \cdot |\vec{v}|$.

Na representação dos vetores $\vec{v}$, $2\vec{v}$ e $-3\vec{v}$ (Fig. 8), os vetores $2\vec{v}$ e $-3\vec{v}$ resultam da multiplicação dos números reais 2 e -3, respectivamente, pelo vetor $\vec{v}$.

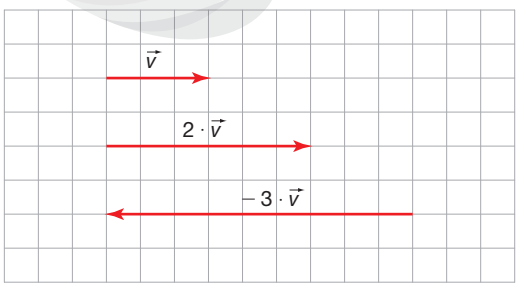


Figura 8
Vetores $\vec{v}$, $2\vec{v}$ e $-3\vec{v}$.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Como você orientaria uma pessoa cega a se deslocar da entrada da escola até a secretaria, a diretoria ou outro local do prédio? Proponha uma solução para esse problema utilizando recursos táteis que indiquem as direções e os sentidos que essa pessoa deve seguir.

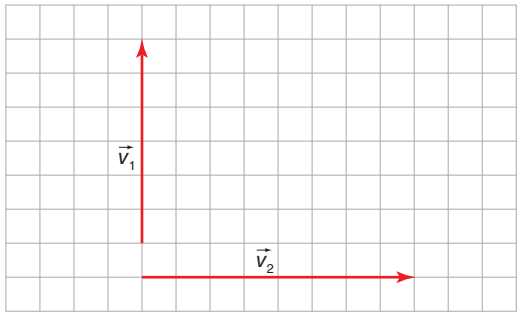
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

No exemplo a seguir, vamos aplicar os conceitos de adição e subtração de vetores.

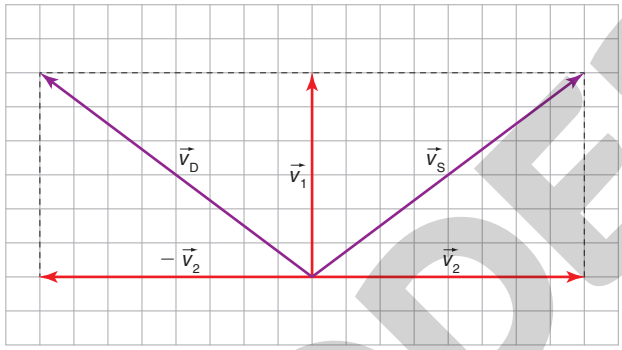
Dados os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, represente os vetores $\vec{v}_S = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ e $\vec{v}_D = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$.



Em seguida, considerando que cada quadrícula tem lado igual a uma unidade de medida (1 u), determine os módulos de $\vec{v}_S$ e $\vec{v}_D$.

Resolução:

Vamos, em cada caso, aplicar a regra do paralelogramo. Lembre que $\vec{v}_D$ é obtido pela adição do vetor $\vec{v}_1$ com o vetor oposto de $\vec{v}_2$.



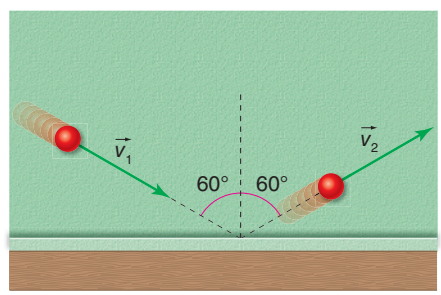
Os módulos dos vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ são, respectivamente, $v_1 = 6$ u e $v_2 = 8$ u.

Os módulos de $\vec{v}_S$ e $\vec{v}_D$ são obtidos pela aplicação do teorema de Pitágoras:

$$v_S = v_D = \sqrt{(6\text{ u})^2 + (8\text{ u})^2} \Rightarrow v_S = v_D = 10\text{ u}$$

Neste exemplo, vamos representar graficamente o vetor diferença usando o método da linha poligonal.

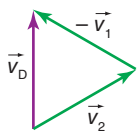
Num jogo de bilhar, a bola incide na tabela da mesa com velocidade $\vec{v}_1$ e é refletida com velocidade $\vec{v}_2$. Os ângulos de incidência e de reflexão são iguais a 60°. Sabendo que os módulos das velocidades $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ são iguais a v, represente graficamente o vetor $\vec{v}_D = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ e calcule seu módulo em função de v.

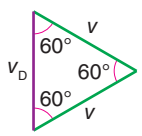


Resolução:

Utilizando o método da linha poligonal, temos:

$$\vec{v}_D = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)$$





O triângulo formado é equilátero; logo: $v_D = v$

Observação: O vetor $\vec{v}_D$ é a **variação da velocidade** vetorial da bola nessa colisão.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Para entender como o conceito de deslocamento vetorial pode ser aplicado, analise o exemplo a seguir.

Joana parte de carro de sua casa e dirige a 80 km/h durante 0,5 h, na direção norte-sul, indo do sul para o norte. Em seguida, muda seu rumo e passa a se deslocar na direção leste-oeste, dirigindo para o oeste a 60 km/h por 0,5 h. Ao final dessa viagem de 1 h, a que distância Joana estará de sua casa? Qual é o módulo de sua velocidade vetorial média?

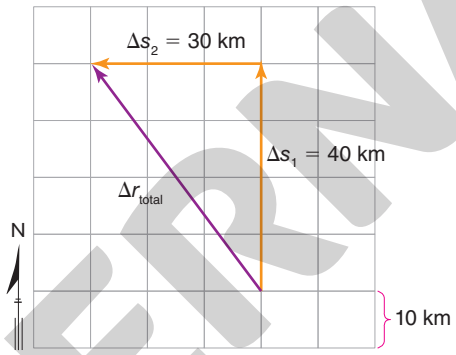
Resolução:

Devemos, inicialmente, calcular os deslocamentos escalares realizados por Joana em cada uma das duas etapas da viagem. Para isso, vamos usar a expressão da velocidade média: $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

No primeiro trecho da viagem: $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 80 = \frac{\Delta s_1}{0{,}5} \therefore \Delta s_1 = 40 \text{ km}$

No segundo trecho da viagem: $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 60 = \frac{\Delta s_2}{0{,}5} \therefore \Delta s_2 = 30 \text{ km}$

Observe que, em cada etapa da viagem, o módulo do deslocamento vetorial coincide com o deslocamento escalar, pois Joana movimenta-se, em cada etapa, em linha reta.



Vamos agora representar vetorialmente esses dois deslocamentos e, com eles, o deslocamento total realizado por Joana. Na figura ao lado, cada quadrícula tem lado correspondente a 10 km. O deslocamento total, $\Delta \vec{r}_{total}$, tem módulo Δr_{total}, que pode ser calculado aplicando o teorema de Pitágoras ao triângulo retângulo cujos lados são os vetores deslocamento em cada uma das duas etapas:

$\Delta r_{total}^2 = \Delta s_1^2 + \Delta s_2^2 \Rightarrow \Delta r_{total}^2 = 40^2 + 30^2 \therefore \Delta r_{total} = 50 \text{ km}$

Portanto, ao final da viagem, Joana estará à distância de 50 km de sua casa.

O módulo da velocidade vetorial média é dado pela relação entre o módulo do deslocamento vetorial total e o intervalo de tempo correspondente. Então:

$$|\vec{v}_m| = \frac{\Delta r_{total}}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{v}_m| = \frac{50 \text{ km}}{1 \text{ h}} \Rightarrow |\vec{v}_m| = 50 \text{ km/h}$$

É importante ressaltar que o vetor velocidade média tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor deslocamento total.

Dialogando com o texto

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Retome o texto de abertura ("[...] caminhe por duas quadras, vire à esquerda, caminhe mais duas quadras e meia e você chegará ao local desejado") e faça o que se pede:

- Quais foram as informações omitidas nessa frase que podem levar a pessoa que está sendo orientada a errar o caminho?
- Reescreva as orientações para que seja possível chegar ao local procurado. Em seguida, desenhe os vetores envolvidos nesse deslocamento.

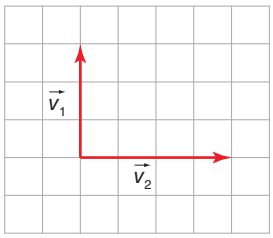
Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

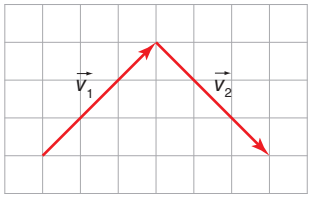
Registre as respostas em seu caderno.

1. São dados os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ em duas situações distintas. Represente graficamente em seu caderno o vetor $\vec{v}_S = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ em cada uma das situações indicadas a seguir.

a)



b)



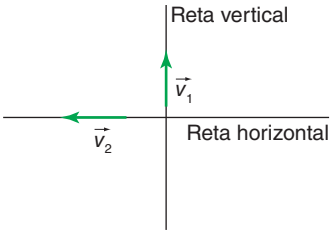
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

2 Retome o exercício anterior. Sabendo que o lado de cada quadrícula é igual a uma unidade de medida (1 u), determine o módulo do vetor $\vec{v}_S$ em cada situação.

3. Muitas vezes, os conceitos de direção e sentido são usados como sinônimos na linguagem comum. Por exemplo, um jornal veiculou a notícia a seguir, que apresenta uma imprecisão no que diz respeito à linguagem utilizada em Física: "Feixes de prótons, deslocando-se em direções opostas, irão colidir no maior acelerador de partículas do mundo". Reescreva no caderno a frase citada, corrigindo-a do ponto de vista da Física. Em seguida, defina a direção e o sentido dos vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ representados ao lado.



ADILSON SECCO

4. Um automóvel se dirige para o sul a 60 km/h no decorrer de 3 minutos; então, vai para oeste e viaja durante 2 minutos a 90 km/h; finalmente, dirige-se para noroeste a 70 km/h por 6 minutos. Para essa viagem de 11 minutos, determine:

a) seu deslocamento escalar;

b) a distância que teria sido percorrida se o automóvel se deslocasse em linha reta entre os pontos de partida e de chegada.

3. Movimentos bidimensionais sob ação da gravidade

Muitas modalidades esportivas que fazem parte dos Jogos Olímpicos, como os lançamentos de martelo (Fig. 9), de dardo (Fig. 10) e de disco (Fig. 11) e o arremesso de peso (Fig. 12), nas quais um atleta lança um objeto a fim de atingir a maior distância possível, originaram-se de guerras e da caça de animais.

ALEXANDER HASSENSTEIN/GETTY IMAGES

Figura 9 Lançamento de martelo em uma das provas dos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016. Com o passar do tempo, o martelo foi substituído por uma bola de metal presa a uma alça por um cabo metálico.

FRIEDEMANN VOGEL/GETTY IMAGES

Figura 10 Lançamento de dardo em uma das provas dos Jogos Paralímpicos do Rio de Janeiro, em 2016. O dardo é constituído por uma haste de metal ou madeira com uma ponta metálica afiada.

ALEXANDER HASSENSTEIN/GETTY IMAGES

Figura 11 Lançamento de disco em uma das provas dos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016. O disco geralmente é feito de madeira e tem borda de metal.

ALEXANDER HASSENSTEIN/GETTY IMAGES

Figura 12 Arremesso de peso em uma das provas dos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro, em 2016. Nessa modalidade, o atleta lança uma bola de metal.

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

MODERNA

Ao longo da história da humanidade, o estudo do lançamento de projéteis fez com que as técnicas e máquinas empregadas nesses lançamentos fossem aperfeiçoadas. Entre os instrumentos utilizados por diferentes civilizações para o arremesso de objetos a grandes distâncias, destacam-se os arcos, as fundas, as catapultas (Fig. 13) e as balestras (Fig. 14).

ROBERT FRIED/ALAMY/GLOW IMAGES

Figura 13 Réplica de uma catapulta medieval. França, 2009.

SERGIO ANELLI/ MONDADORI PORTFOLIO/AGB PHOTO LIBRARY - MUSEU NACIONAL DO PALÁCIO DE VENEZA, ROMA

Figura 14 Réplica de uma balestra militar. Acionada por um gatilho, a balestra disparava flechas.

Quando arremessamos uma bolinha de papel na direção de um cesto de lixo, dando a ela um impulso sem inclinação, realizamos um lançamento horizontal. Quando arremessamos uma bola de basquete para a cesta, realizamos um lançamento oblíquo. Esses movimentos fazem parte de diversas situações de nosso dia a dia.

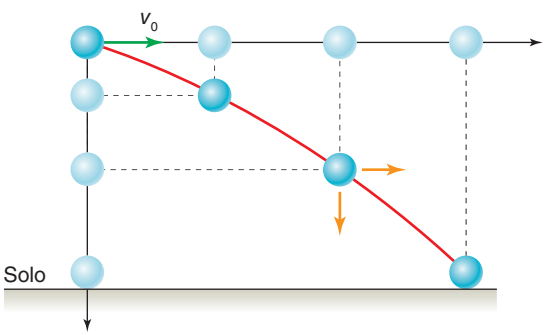
Lançamento horizontal e oblíquo

Ao ser lançado horizontalmente, com velocidade $\vec{v}_0$, nas proximidades da superfície da Terra, desprezando-se a resistência do ar, um móvel descreve uma trajetória parabólica. Seu movimento pode ser decomposto em dois movimentos que ocorrem simultaneamente: um movimento de queda vertical sob a ação da gravidade, sendo, portanto, um movimento uniformemente variado (MRUV), e um movimento horizontal, que é realizado com velocidade constante e igual à velocidade de lançamento, sendo, portanto, um movimento uniforme (MRU). Para ilustrar essa situação, vamos analisar um exemplo de lançamento horizontal.

Uma bola é lançada horizontalmente com velocidade $\vec{v}_0$, cujo módulo é $v_0 = 15$ m/s, de um ponto situado a 20 m do solo. Considere $g = 10\ m/s^2$ e despreze a resistência do ar.

a) Calcule o tempo que a bola demora para atingir o solo (tempo de queda t_q).

b) A que distância da vertical de lançamento a bola atinge o solo?



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Resolução:

a) Na figura, representamos a trajetória descrita pela bola (arco de parábola).

Em um lançamento horizontal, a componente vertical da velocidade inicial $\vec{v}_0$ é nula, e, devido à ação da gravidade, na vertical, temos um MUV.

De $s_{vert} = s_{0\,vert} + v_{0_{vert}} \cdot t + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$, com $s_{0_{vert}} = 0$, $v_{0_{vert}} = 0$ e $\alpha = +g = 10\ m/s^2$, temos:

$$s_{vert} = 5t^2 \text{ (SI)}$$

Quando a bola atinge o solo, temos: $s_{vert} = 20$ m

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

MODERNA

Portanto:

$$20 = 5t_q^2 \Rightarrow t_q^2 = 4 \therefore t_q = 2\text{ s}$$

b) Nesse mesmo tempo, a bola avança na horizontal em movimento uniforme, com velocidade igual a v_0.

De $s_{horiz} = s_{0_{horiz}} + v_{horiz} \cdot t$, sendo $s_{0_{horiz}} = 0$, $v_{horiz} = v_0 = 15$ m/s e $t = t_q = 2$ s, temos:

$$s_{horiz} = 0 + 15 \cdot 2 \therefore s_{horiz} = 30\text{ m}$$

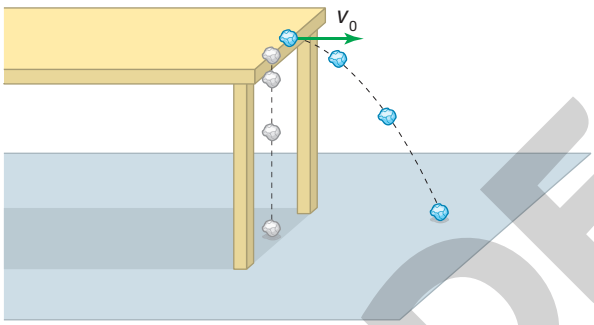
Observe na figura que, considerando as posições sucessivas da bola na trajetória e em intervalos de tempo iguais, verificamos que ela percorre horizontalmente distâncias iguais (MRU). Na vertical isso não ocorre, pois o movimento é acelerado pela gravidade.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

5. Ao apresentar os temas queda livre e lançamento horizontal aos alunos, uma professora de Física fez um pequeno experimento. Ela abandonou da beirada de uma mesa uma bolinha de papel e, ao mesmo tempo, lançou horizontalmente outra bolinha de papel, também da beirada da mesa. Os alunos notaram que as bolinhas chegaram ao solo praticamente no mesmo instante. A professora pediu aos alunos que explicassem esse fato. Como você explicaria?



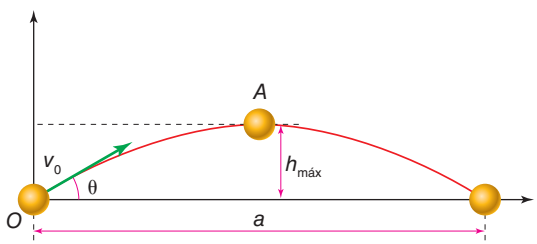
6. Uma pequena bola é lançada horizontalmente com velocidade $v_0 = 12$ m/s e, após 1 s, atinge o solo. Considere $g = 10\text{ m/s}^2$ e despreze a resistência do ar.

a) De que altura, em relação ao solo, a bola foi lançada?

b) A que distância da vertical de lançamento a bola atinge o solo?

Vamos analisar uma situação em que um móvel é lançado **obliquamente** a partir do solo plano e horizontal.

Uma bola é lançada do solo com velocidade $\vec{v_0}$, cujo módulo é $v_0 = 20$ m/s, formando um ângulo $\theta = 30°$ com a horizontal. Considere $g = 10\text{ m/s}^2$ e despreze a resistência do ar.



Determine:

a) o tempo de subida t_s, isto é, o intervalo de tempo que a bola demora para atingir o vértice A da parábola;

b) o tempo de descida t_d;

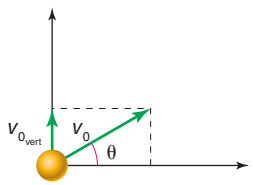
c) a altura máxima $h_{máx}$;

d) o alcance horizontal a;

e) a velocidade da bola ao atingir o vértice A da parábola.

Resolução:

a) Analogamente ao exemplo anterior, na vertical, temos um MUV de velocidade inicial $v_{0_{vert}}$, obtida projetando-se $\vec{v_0}$ na vertical:



$$\text{sen}\,\theta = \frac{v_{0_{vert}}}{v_0} \Rightarrow v_{0_{vert}} = v_0 \cdot \text{sen}\,\theta$$

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

Sendo o ângulo de lançamento $\theta = 30°$, $\operatorname{sen} 30° = 0{,}5$ e $v_0 = 20$ m/s, temos:

$v_{0_{vert}} = 20 \cdot 0{,}5 \;\therefore\; v_{0_{vert}} = 10$ m/s

Assim, o movimento vertical corresponde a um lançamento para cima com velocidade $v_{0_{vert}} = 10$ m/s.

Para o cálculo do tempo de subida, basta observar que, ao atingir o vértice *A*, a velocidade vertical da bola é nula:

$$v_{vert} = v_{0_{vert}} + \alpha \cdot t \Rightarrow 0 = 10 - 10 \cdot t_s \;\therefore\; t_s = 1 \text{ s}$$

b) Em um lançamento oblíquo, o tempo de descida t_d é igual ao tempo de subida. Assim: $t_d = t_s = 1$ s

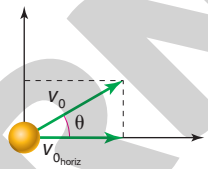
O tempo total de movimento é a soma de t_s com t_d e, portanto, é o dobro do tempo de subida:

$$t_{total} = 2\,t_s = 2 \text{ s}$$

c) A altura máxima pode ser calculada pela equação de Torricelli aplicada ao movimento vertical, considerando $v_{vert} = 0$. Assim:

$$v_{vert}^2 = v_{0_{vert}}^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \Delta s_{vert} \Rightarrow 0 = 10^2 + 2 \cdot (-10) \cdot h_{máx} \;\therefore\; h_{máx} = 5 \text{ m}$$

d) O alcance horizontal *a* é calculado considerando o movimento horizontal, que é uniforme. A velocidade desse movimento é obtida projetando-se $\vec{v}_0$ na horizontal:



$$\cos\theta = \frac{v_{0_{horiz}}}{v_0} \Rightarrow v_{0_{horiz}} = v_0 \cdot \cos\theta$$

Sendo $\theta = 30°$, $\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$ e $v_0 = 20$ m/s, temos:

$$v_{horiz} = v_{0_{horiz}} = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \;\therefore\; v_{horiz} = 10\sqrt{3} \text{ m/s}$$

Sendo $s_{horiz} = s_{0_{horiz}} + v_{horiz} \cdot t$, obtemos o alcance *a* fazendo $a = s_{horiz}$, para $t = t_{total}$.

$$a = v_{horiz} \cdot t_{total} \Rightarrow a = 10\sqrt{3} \cdot 2 \;\therefore\; a = 20\sqrt{3} \text{ m}$$

e) No vértice *A*, a componente vertical da velocidade da bola é nula; portanto:

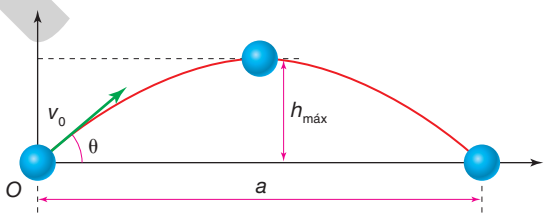
$$v_A = v_{horiz} \Rightarrow v_A = 10\sqrt{3} \text{ m/s}$$

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

7. Um projétil é lançado obliquamente a partir do solo horizontal com velocidade cujo módulo é $v_0 = 25$ m/s, segundo um ângulo θ tal que $\operatorname{sen}\theta = 0{,}6$ e $\cos\theta = 0{,}8$. Considere $g = 10$ m/s^2 e despreze a resistência do ar.



Determine:

a) o tempo de subida;

b) o tempo total de movimento;

c) a altura máxima atingida;

d) o alcance horizontal do lançamento;

e) o alcance horizontal do lançamento para um ângulo de lançamento θ' tal que $\operatorname{sen}\theta' = 0{,}8$ e $\cos\theta' = 0{,}6$.

Observação: θ e θ' são ângulos complementares, isto é, $\theta + \theta' = 90°$.

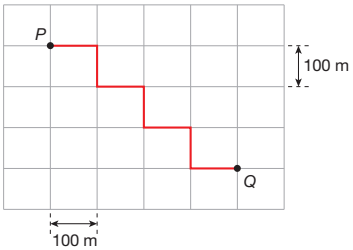
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

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

Registre as respostas em seu caderno. Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

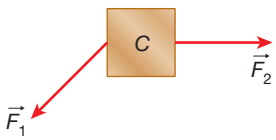
1. 1. b (PUCC-SP) Num bairro, onde todos os quarteirões são quadrados e as ruas paralelas distam 100 m uma da outra, um transeunte faz o percurso de P a Q pela trajetória representada no esquema.



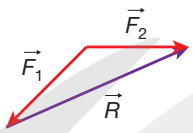
O deslocamento vetorial desse transeunte tem módulo, em metros, igual a

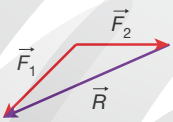
a) 700
b) 500
c) 400
d) 350
e) 300

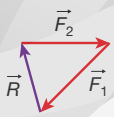
2. 2. d (Fatec-SP) Sobre o corpo C atuam duas forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, conforme esquema.

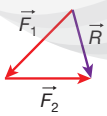


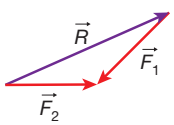
O diagrama que fornece a resultante $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ é:

a)


b)


c)


d)


e)


3. 3. d (UFSM-RS) Num jogo de futebol, um jogador faz um lançamento oblíquo de longa distância para o campo adversário, e o atacante desloca-se sempre embaixo da bola, em direção ao ponto previsto para o primeiro contato dela com o solo. Desconsiderando o efeito do ar, analise as afirmativas:

I. Um observador que está na arquibancada lateral vê a bola executar uma trajetória parabólica.
II. O atacante desloca-se em movimento retilíneo uniformemente variado para um observador que está na arquibancada lateral.
III. O atacante observa a bola em movimento retilíneo uniformemente variado.

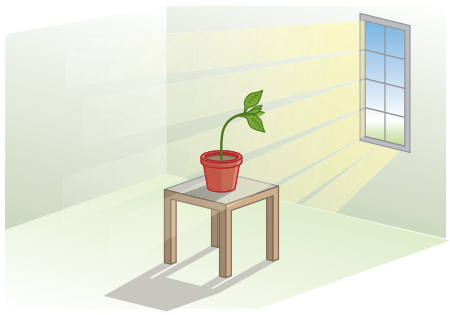
Está(ão) correta(s)

a) apenas I.
b) apenas II.
c) apenas I e II.
d) apenas I e III.
e) Apenas II e III.

4. 4. b Um corpo é lançado oliquamente para cima, com velocidade inicial de 40 m/s, em uma direção que forma um ângulo de 60° com a horizontal. Desprezando a resistência do ar e adotando 10 m/s^2 para o módulo da aceleração gravitacional local, pode-se afirmar que, no ponto mais alto da sua trajetória, o módulo da velocidade e a altura do corpo valem, respectivamente:

a) zero e 60 m.
b) 20 m/s e 60 m.
c) $20\sqrt{3}$ m/s e 60 m.
d) 20 m/s e 40 m.
e) $20\sqrt{3}$ m/s e 20 m.

5. Um broto de feijão, que está próximo de uma janela, cresce com uma inclinação resultante do fototropismo provocado pela luz do Sol, que incide no vaso ao longo de poucas horas por dia, conforme a imagem a seguir.



Utilizando vetores para representar o movimento do broto de feijão, proponha uma correção da inclinação do caule por fototropismo adicionando uma fonte de luz artificial ao ambiente com mesma intensidade da luz solar. Desenhe a posição da nova fonte de luz e os vetores do movimento da planta causado pelo fototropismo natural e pelo fototropismo artificial e o movimento resultante.

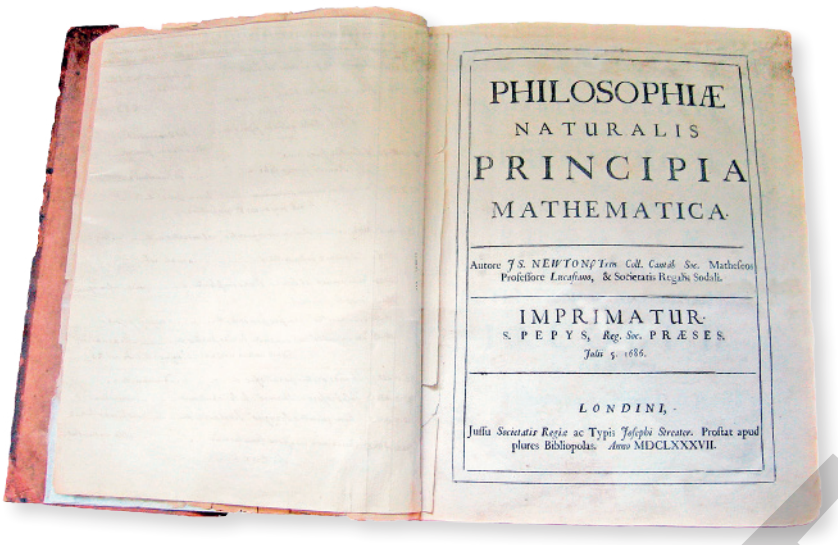
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

MODERNA

CAPÍTULO

12 LEIS DE NEWTON



PICTURES FROM HISTORY/AKG-IMAGES/ALBUM/FOTOARENA

Livro *Princípios matemáticos da filosofia natural* (ou *Philosophiae naturalis principia mathematica*), publicado por Isaac Newton em 1687. Os trabalhos de Newton contribuíram para diversas áreas do conhecimento e ele é considerado um dos maiores cientistas de todos os tempos.

No dia de Natal de 1642, em um povoado de agricultores na Inglaterra, nascia aquele que seria considerado um dos maiores intelectuais da ciência. Seu nome seria usado em unidades de medida científicas e elementos da Matemática, por serem fruto de seu trabalho ou em sua homenagem. Você já deve ter ouvido falar sobre ele, estudando binômios em Matemática ou fora da escola. Já descobriu de quem se trata?

Estamos falando de Isaac Newton (1642-1727). Ele nasceu e viveu muito depois de personalidades que fundaram as bases da filosofia da ciência, como os pré-socráticos (dos séculos VII a.C. a V a.C.), Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) e Cláudio Ptolomeu (c.90-c.168); mas antes de tantos outros pensadores e cientistas que contribuíram e contribuem com o desenvolvimento científico. Atribui-se a Newton a frase "Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes", sendo ele próprio um desses gigantes que viriam a apoiar seus sucessores.

Essa constatação de Newton diz muito sobre nossa compreensão da ciência: ela não é estática ou imutável nem feita por uma só pessoa, ela evolui a partir de um conhecimento coletivo que se transforma ao longo do tempo. As parcerias, aliás, são fundamentais no desenvolvimento da ciência. Para ficarmos em um único exemplo, os estudos de Newton sobre movimentos e gravitação foram de grande importância para a astronomia, para a compreensão da física do Universo. Esses conhecimentos foram levados em consideração por um astrônomo da sua época, Edmond Halley (1656-1742), que estudou a aparência, a órbita e a trajetória dos cometas, como aquele que leva seu nome. Halley, por sua vez, foi um dos incentivadores para que Newton publicasse seus trabalhos numa obra hoje de grande reconhecimento e importância, chamada *Princípios matemáticos da filosofia natural* (1687). A ciência, aliás, nem sempre é imediata: Newton levou mais de vinte anos para reunir e publicar suas ideias nessa obra, que também é conhecida como *Principia*.

Cientistas, como Isaac Newton, procuram entender e descrever a natureza estabelecendo relações entre fenômenos e mecanismos naturais que se comportam com regularidade e precisão. Para isso, observam, levantam hipóteses, experimentam, interpretam e deduzem, organizando os conhecimentos e, por vezes, propondo leis, que frequentemente podem ser escritas como equações matemáticas para prever resultados a partir de certas condições.

Além da astronomia, o trabalho de Isaac Newton contribuiu para uma compreensão ampla de cálculo e óptica. No *Principia*, ele apresenta leis que explicam o movimento dos corpos e a lei da gravitação universal, que serão abordadas neste capítulo com o conceito e exemplos de força.

De olho na BNCC:

- **EM13CNT204**
- **EM13CNT207**
- **EM13CNT301**
- **EM13CNT306**
- **EM13LGG701**
- **EM13MAT314**

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

EM MODERNIA

1. Conceito de força

A noção intuitiva que temos sobre força vem da nossa experiência diária. Veículos são acelerados e freados. Aviões decolam e pousam. Sabemos que um carrinho de supermercado parado se move se alguém o empurra e, caso ele já esteja em movimento, para pará-lo em algum lugar, temos de puxá-lo no sentido contrário ao do seu movimento. Em todas essas situações, algum agente externo é responsável por colocar esses corpos em movimento ou alterar o movimento já existente, modificando o estado cinemático do corpo. Esse agente externo é denominado **força**. Portanto, podemos conceituar força como um agente físico capaz de alterar o estado de repouso ou de movimento uniforme de um corpo.

Newton exprimiu essa ideia em sua obra *Principia*, afirmando que "uma força imprimida é uma ação exercida sobre um corpo a fim de alterar seu estado, seja de repouso ou de movimento em uma linha reta".

Assim, podemos dizer que força e mudança de velocidade são, entre si, causa e efeito, respectivamente.

No contexto das grandezas físicas, força é uma grandeza vetorial e, portanto, para que seja plenamente caracterizada, devemos especificar sua direção de atuação, seu sentido de orientação e sua intensidade.

Assim, a alteração do estado de movimento de um corpo pode ser causada por uma força ou um conjunto de forças, as quais podem ser analisadas como uma única força, chamada de **força resultante**.

A força resultante é a soma vetorial das forças atuantes sobre o corpo, ou seja, é a soma das grandezas vetoriais considerando direções e sentidos, além dos módulos, estudados no capítulo 11.

2. As leis de Newton

Primeira lei de Newton ou princípio da inércia

Foi com a obra *Princípios matemáticos da filosofia natural*, publicada em 1687, que Newton consolidou a ideia de inércia do movimento e da mecânica que explica os fenômenos celeste e terrestre, unificando a teoria para ambos.

Primeira lei ou princípio da inércia

Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que uma força nele aplicada o force a mudar esse estado.

De acordo com a primeira lei de Newton, para "vencermos" a inércia, seja de repouso, seja de movimento, devemos aplicar ao corpo uma **força** ou um **conjunto de forças**.

Também podemos dizer que, se é nula a força resultante que atua sobre um corpo, ele só pode estar em repouso ou em MRU.

A indústria automobilística produz veículos que apresentam diversos dispositivos de segurança. O funcionamento desses equipamentos leva em conta, principalmente, o princípio da inércia.

Em um choque frontal, os ocupantes de um carro, em razão da inércia, tendem a continuar em movimento e podem, eventualmente, se chocar contra o para-brisa, contra o volante ou, no caso dos passageiros que viajam no banco de trás, contra o banco da frente. O cinto de segurança tem a finalidade de aplicar uma força ao corpo do passageiro, de sentido contrário ao seu movimento, diminuindo sua velocidade. Muitos veículos dispõem de *air bag*, uma bolsa plástica que infla rapidamente em caso de colisão e amortece o choque dos ocupantes do veículo contra o painel e outros componentes (Fig. 1).

O encosto de cabeça no alto dos bancos dos veículos protege o pescoço das pessoas no caso de uma colisão traseira. Nessa situação, o carro parado é bruscamente arremessado para a frente e, devido à inércia de repouso, a cabeça do passageiro é violentamente "jogada para trás". Na verdade, o carro é acelerado bruscamente para a frente devido ao impacto, enquanto as pessoas, inicialmente em repouso, só serão aceleradas após receberem uma força que as impulsione a acompanhar o movimento do veículo.

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

MODERNA

O Código Nacional de Trânsito proíbe o transporte de pessoas na carroceria aberta de caminhonetes e caminhões. Isso é plenamente justificável, pois, quando esse tipo de veículo está em movimento e inicia uma curva, as pessoas soltas na carroceria, por inércia, tendem a manter a direção original da velocidade do veículo e prosseguir em linha reta em relação ao solo. Do ponto de vista das pessoas na carroceria do veículo acelerado, elas sentem como se estivessem sendo arremessadas para fora por "algum tipo" de força. Essas forças que aceleram "repentinamente" os corpos dentro de veículos acelerados são denominadas **forças de inércia** ou **forças inerciais**.

MARKA/UNIVERSAL IMAGES GROUP/GETTY IMAGES

Figura 1 O boneco simula o movimento humano durante teste de colisão.

Segunda lei de Newton ou princípio fundamental da Dinâmica

De acordo com o princípio da inércia, um corpo só sai do estado de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme se uma força resultante não nula passar a atuar sobre ele. Se isso ocorrer, enquanto durar a atuação dessa força, a velocidade do corpo poderá aumentar de intensidade, diminuir de intensidade ou apenas mudar de direção. Em outras palavras, nesse intervalo de tempo, o corpo estará sujeito a algum tipo de **aceleração**.

Imagine que desejamos acelerar um corpo a partir do repouso até ele atingir uma velocidade de intensidade 30 km/h, em um intervalo de tempo de 30 s. Isso equivale, em média, a um ganho de 1 km/h a cada 1 s. É intuitivo que a intensidade da força que teremos de aplicar dependa da massa desse corpo, pois, quanto maior for a massa do corpo, maior será sua inércia e, portanto, mais difícil será mudar sua velocidade. Se o corpo for, por exemplo, uma bicicleta, a força necessária terá intensidade muito menor que a da força que esse corpo precisaria se fosse uma motocicleta. Ou seja, quanto maior a massa do corpo, maior deverá ser a intensidade da força necessária para alcançar determinada velocidade em determinado intervalo de tempo.

Essa relação entre força aplicada, massa e variação de velocidade foi enunciada por Isaac Newton na segunda lei dos movimentos, mostrada a seguir:

Segunda lei ou princípio fundamental da Dinâmica

As mudanças nos movimentos são proporcionais à força motriz aplicada e ocorrem segundo a linha reta sobre a qual se aplica a força.

A segunda lei de Newton também é conhecida como princípio fundamental da Dinâmica (PFD). Em notação vetorial, a força resultante $\vec{F}_{res}$ que age sobre um corpo de massa m produz uma aceleração $\vec{a}$ tal que:

$$\vec{F}_{res} = m \cdot \vec{a}$$

Como a massa m é uma grandeza escalar sempre positiva, os vetores $\vec{F}$ e $\vec{a}$ sempre terão a mesma direção e o mesmo sentido. Matematicamente, a massa m pode ser considerada o coeficiente de proporcionalidade entre as intensidades, ou módulos, da força $\vec{F}$ e da aceleração $\vec{a}$. Assim, temos:

$$F_{res} = m \cdot a \quad \text{ou} \quad a = \frac{F_{res}}{m}$$

Essa relação entre a intensidade da força aplicada e a correspondente aceleração adquirida por um corpo permite analisar qualitativamente e explicar quantitativamente situações cotidianas.

No SI, a massa é medida em **kg** (quilograma) e a aceleração, em **m/s²**. Assim, de acordo com a segunda lei de Newton, a intensidade de uma força será medida em **kg · m/s²** (ou **kg · m · s^{-2}**), que recebe o nome de **newton (N)**. Essa unidade pode ser definida assim: "Um newton (1 N) é a intensidade de uma força que, aplicada sobre um corpo de massa 1 quilograma (1 kg), produz nele uma aceleração de 1 m/s²".

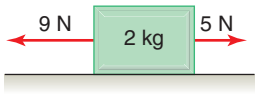
Observe no exemplo a seguir como podemos aplicar o princípio fundamental da Dinâmica a sistemas sob a ação de mais de uma força.

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

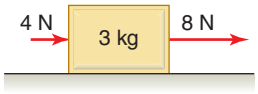
MODERNA

Para cada uma das situações mostradas abaixo determine o módulo, a direção e o sentido da aceleração a que cada corpo está submetido.

a)



b)



Resolução:

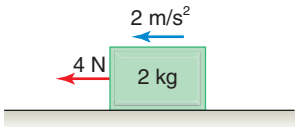
Inicialmente, devemos determinar, em cada um dos casos, o módulo, a direção e o sentido da força resultante que atua no corpo. Pelo princípio fundamental da Dinâmica, a força resultante e a aceleração têm sempre mesma direção e mesmo sentido, e seus módulos são tais que $F_{res} = m \cdot a$.

a) O corpo está sendo puxado, para a esquerda, por uma força de intensidade 9 N e, para a direita, por outra força de intensidade 5 N.

A força resultante está orientada para a esquerda e tem intensidade igual a 4 N (dada pela diferença: 9 N − 5 N).

Portanto, a aceleração tem a mesma direção da força resultante e sentido para a esquerda. Seu módulo é dado por:

$$F_{res} = m \cdot a \Rightarrow 4 = 2 \cdot a \therefore a = 2\ m/s^2$$

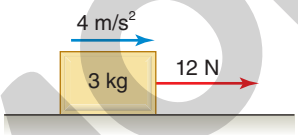


b) Nesse caso, o corpo está sendo empurrado para a direita por uma força de intensidade 4 N e puxado, também para a direita, por outra força de intensidade 8 N. A força resultante está orientada para a direita e tem intensidade 12 N (dada pela soma: 4 N + 8 N).

A aceleração tem a mesma direção e sentido da força resultante, para a direita.

Seu módulo é dado por:

$$F_{res} = m \cdot a \Rightarrow 12 = 3 \cdot a \therefore a = 4\ m/s^2$$



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.
Registre as respostas em seu caderno.

1. Considere as três situações apresentadas a seguir.

1. a

I. Uma ciclista pedalando por uma rua reta, plana e horizontal, com velocidade constante.
II. Um automóvel que parte do repouso quando o sinal de trânsito passa de vermelho para verde.
III. Uma gota de água que pinga de uma torneira a 1 m do solo e cai na vertical.

Podemos afirmar que a força resultante que atua no corpo em questão é nula apenas nas situações:

a) I
b) II
c) III
d) I e II
e) II e III

2. Uma força resultante com intensidade 80 N acelera uma massa de 20 kg a 4 m/s².

a) Se a massa do corpo dobrar, qual deverá ser a intensidade da nova força resultante aplicada ao corpo para manter a mesma aceleração?

b) Se a massa do corpo dobrar e a força resultante permanecer inalterada, qual será a nova aceleração adquirida pelo corpo?

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

MODERNA

Terceira lei de Newton ou princípio da ação e reação

A força é o agente físico capaz de provocar variações na velocidade de um corpo, isto é, a força pode gerar aceleração e pode provocar deformação.

Imagine que, durante um jogo de futebol, uma atleta está posicionada para bater uma falta. Enquanto o pé mantém contato com a bola, são observados dois efeitos sobre ela: uma deformação em sua superfície e uma variação de velocidade.

Ambos os efeitos sobre a bola são causados pela força exercida pelo pé da jogadora. Entretanto, durante o contato, o pé também sofre efeitos semelhantes aos observados na bola: deformação da ponta da chuteira e diminuição da velocidade durante o contato. Isso nos leva a concluir que o pé da atleta também está sujeito à ação de uma força responsável por esses efeitos. Mas quem está aplicando essa força sobre o pé dela? Só pode ser a bola, que é o único agente externo em contato com o pé durante o chute.

Então temos, em resumo, o pé aplicando uma força sobre a bola (**ação**) e a bola também aplicando uma força sobre o pé (**reação**). Portanto, ação e reação sempre estão em corpos distintos, nunca sobre um mesmo corpo.

Essas constatações constituem o princípio da ação e reação (ou terceira lei de Newton), que foi enunciado por Isaac Newton no *Princípios matemáticos da filosofia natural*, como vemos a seguir:

Terceira lei ou princípio da ação e reação

A reação é sempre contrária e igual à ação, ou as ações mútuas entre dois corpos sempre são iguais e dirigidas às partes contrárias.

Em linguagem mais específica, podemos escrever:

Quando um corpo *A* exerce uma força $\vec{F}_A$ sobre um corpo *B*, este exerce sobre *A* uma força $\vec{F}_B$. As forças $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$ têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos (Fig. 2).

Entre as forças envolvidas, uma será força de ação e a outra, portanto, de reação.

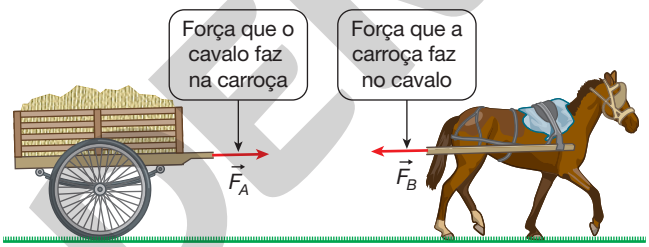
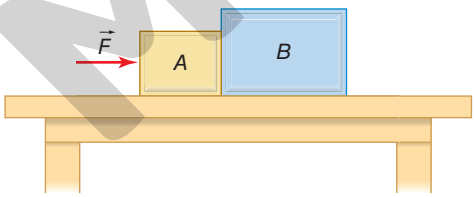


Figura 2 Força de ação e reação: o cavalo aplica uma força F_A para puxar a carroça, a qual aplica uma força de reação F_B sobre o cavalo.

Dialogando com o texto Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

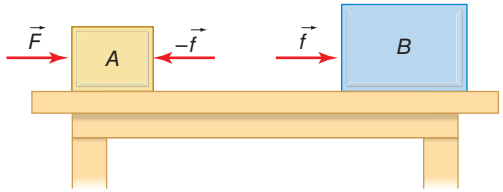
Sobre a terceira lei de Newton, veja o seguinte raciocínio sobre a aplicação em um caso:

Considere dois blocos, *A* e *B*, apoiados sobre uma mesa horizontal lisa e submetidos a uma força $\vec{F}$.



O bloco *A* está em contato com o bloco *B* e uma força *F* está sendo aplicada sobre o bloco *A*.

O bloco *A*, sujeito à força $\vec{F}$, estará acelerando, e o bloco *B* necessariamente deverá ter a mesma aceleração de *A*, pois segue à sua frente. A força que acelera o bloco *B* é a força $\vec{f}$ aplicada por *A*. Mas se *A* age sobre *B*, então o bloco *B* deverá reagir sobre o bloco *A* com uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário. Tal força é a reação $-\vec{f}$.



Ação e reação: se *A* "empurra" *B*, então *B* reage e "empurra" *A*.

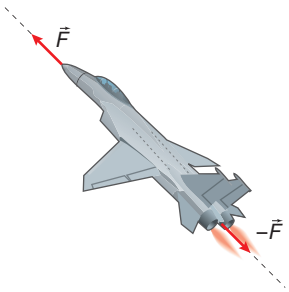
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Utilizando o mesmo raciocínio sobre a aplicação da lei da ação e reação, esboce o diagrama de forças de ação e reação nos seguintes casos:

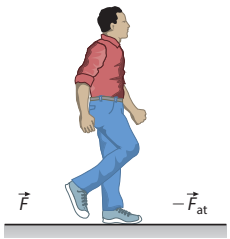
1)



Representação esquemática do princípio da ação e reação aplicado à aviação.

No sistema de propulsão a jato de aviões e foguetes, os gases produzidos pela queima do combustível são lançados para fora (força de ação). Os jatos de gases aplicam sobre o foguete ou o avião uma força de reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário. Desse modo, foguetes e aviões se movimentam em sentido oposto ao da saída dos gases. Identifique as forças de ação e reação na figura.

2)



O papel das forças no ato de andar.

Explique como o par de forças ação e reação é responsável pelo ato de andar. Considere o pé exercendo uma "ação" empurrando o solo para trás, força $-\vec{F}_{at}$. Qual seria a "reação" a essa força e qual seria o agente dela?

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

3 Forças

Analisaremos, agora, algumas forças que são fundamentais no estudo da Mecânica. As forças citadas a seguir são as que encontramos com maior frequência em nosso dia a dia.

Força elástica (de deformação)

Uma força resultante pode provocar tanto uma variação de velocidade em um corpo como uma deformação em um corpo sem deslocá-lo (efeito estático da força). Por exemplo, ao ser cabeceada, uma bola de futebol tem sua superfície inicialmente deformada e só depois a bola passa a acelerar (Fig. 3).

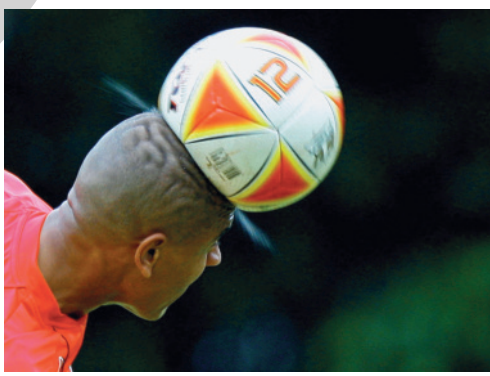
Considere uma mola presa a um suporte por uma das extremidades e submetida a uma força na outra extremidade, como mostra a Figura 4.

Quanto maior a intensidade da força aplicada à extremidade livre da mola, mais ela vai se deformar (distender). A deformação é chamada elástica quando, cessada a aplicação da força, a mola retorna ao seu comprimento inicial.

O físico inglês Robert Hooke (1635-1703) verificou essa proporcionalidade entre a intensidade da força $\vec{F}$ deformadora e a respectiva deformação x, quando a mola está em regime de deformação elástica, e formulou o que atualmente conhecemos como lei de Hooke:

$$F_{elástica} = -k \cdot x$$

A constante de proporcionalidade k é denominada constante elástica da mola e medida, no SI, em newton por metro (N/m): o sinal negativo deve-se ao fato de a força elástica ser uma força do tipo restauradora.



JONNE RORIZ/ESTADÃO CONTEÚDO

Figura 3 Devido à elasticidade, a bola se deforma ao receber uma força. Foto do atleta Alex Silva durante partida de futebol em São Paulo (SP), em 2007.

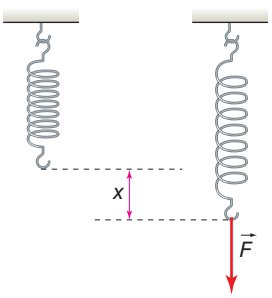


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Figura 4 Representação esquemática de uma mola sendo deformada pela ação da força $\vec{F}$.

MODERNA

Força gravitacional e força peso

Os objetos caem porque a Terra exerce uma força sobre eles, puxando-os, mesmo quando eles não estão em contato com ela. Esse efeito é causado pela **força de atração gravitacional** $\vec{F}_G$ que a Terra exerce sobre todos os objetos.

Essa força de atração ocorre entre quaisquer dois corpos; porém, entre a maioria dos objetos que manipulamos em nosso cotidiano, é muito pequena porque as massas envolvidas são também muito pequenas. Entretanto, quando consideramos um objeto qualquer atraído pela Terra, a força de atração é considerável, pois a massa do planeta é muito grande, cerca de $6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg (6 mil bilhões de bilhões de toneladas).

A direção da força de atração gravitacional é a do eixo que une o centro dos dois corpos, e o sentido é sempre de um corpo para o outro. A intensidade é proporcional ao produto entre as massas dos corpos, m_1 e m_2, e inversamente proporcional ao quadrado da distância, d, entre eles. A constante de proporcionalidade é a constante de gravitação universal $G = 6{,}674184 \times 10^{-11}\ m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$ (SI) e é dada por:

$$F_{gravitacional} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

O peso $\vec{P}$ de um corpo é definido como a força de atração gravitacional que o planeta exerce sobre os corpos em sua superfície, com direção perpendicular à superfície e sentido apontando para o centro do planeta. A intensidade, ou módulo, da força peso de um corpo é dada pelo produto:

$$P = m \cdot g$$

Na expressão acima, g é a aceleração da gravidade e m, a massa do corpo. Como vimos anteriormente, nas proximidades da superfície da Terra, g tem valor aproximado de 10 m/s^2.

Vamos aplicar essa teoria em um problema.

Consideremos que um corpo na Terra tenha peso igual a 480 N. Qual será o peso desse corpo em Marte? Considere a aceleração da gravidade na Terra igual a 10 m/s^2 e em Marte igual a 3,7 m/s^2.

O peso do corpo é calculado a partir do produto de sua massa pela aceleração da gravidade:

$P = m \cdot g$

Então, para o corpo na Terra:

$$P = m \cdot g \Rightarrow 480 = m \cdot 10 \Rightarrow m = \frac{480}{10} \therefore m = 48 \text{ kg}$$

A massa do corpo tem um mesmo valor, esteja ele na Terra ou em Marte.

Logo, em Marte, o peso desse corpo será:

$P = m \cdot g \Rightarrow P = 48 \cdot 3{,}7 \therefore P = 177{,}6$ N

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

3. Sabendo que Maria tem massa igual a 56 kg, pesquise em fontes confiáveis a aceleração da gravidade nas regiões próximas à superfície de cada planeta do Sistema Solar. Se houvesse a possibilidade de Maria ficar nessas regiões, qual seria o peso dela em cada planeta?

MODERNA

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

Atividade em grupo Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

A genialidade de Isaac Newton é muitas vezes comparada à do físico alemão Albert Einstein. Mais de um século depois da morte de Newton, Einstein elaborou a teoria da relatividade geral, que, assim como os estudos de Newton mencionados na abertura deste capítulo, mudou nossa compreensão do Universo.

Comparações à parte, reúna-se com um colega para elaborar uma explicação para o fato de as leis de Newton serem consideradas **leis científicas**, e não **teorias**, como a de Einstein. Vocês podem escrever um texto, fazer um desenho esquemático ou criar outra forma de apresentação, mas não deixem de dar exemplos e levar em conta o que aprenderam.

Força de reação normal do apoio e força de atrito

Quando dois corpos estão em contato e existe uma tendência de deslizamento das superfícies em contato, surge entre elas uma força $\vec{R}$, de natureza elétrica, que pode ser decomposta em duas componentes perpendiculares uma à outra (Fig. 5):

- a componente que age na direção perpendicular às superfícies é denominada **força de reação normal de apoio** ou **força normal** $\vec{F}_N$. Essa força sempre existe entre dois corpos ou duas superfícies em contato, havendo ou não a componente tangente às superfícies, $\vec{F}_{at}$;
- a componente que age na direção tangente às superfícies é a **força de atrito** $\vec{F}_{at}$. Ela surge apenas quando as superfícies em contato tendem a deslizar uma em relação à outra ou quando de fato deslizam, atuando no sentido de se opor à tendência de deslizamento das superfícies ou ao deslizamento efetivo entre elas. Experimentalmente, observa-se que sua intensidade não depende da área de contato entre os corpos nem da velocidade relativa entre as superfícies em contato (Fig. 6).

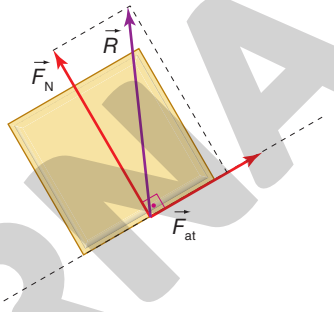


Figura 5 Representação das componentes da força $\vec{R}$ que agem num corpo em repouso sobre um plano inclinado.

DAVID MADISON/STONE/GETTY IMAGES

Figura 6 A força de atrito não depende da área das superfícies em contato. Um carro de Fórmula 1, por exemplo, tem pneus largos para diminuir o desgaste e o aquecimento excessivo. Inglaterra, 2007.

Considere a situação a seguir (Fig. 7), que mostra uma força $\vec{F}$ sendo aplicada sobre um caixote para colocá-lo em movimento, mas ainda sem movê-lo.

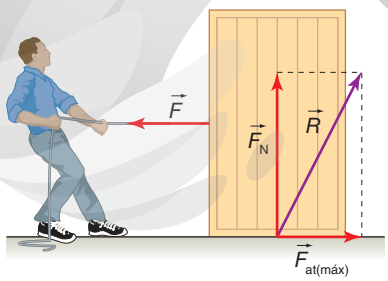


Figura 7 Representação esquemática das forças que agem na caixa em repouso, mas na iminência de movimento.

Quando as duas superfícies em contato, mesmo sob ação da força $\vec{F}$, ainda não deslizam uma em relação à outra, a força de atrito é denominada **força de atrito estático**, e sua intensidade F_{at} é tal que:

$F_{at} \leq \mu_e \cdot F_N$, em que μ_e é o **coeficiente de atrito estático**.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

A força de atrito estático tem intensidade variável, sendo igual à intensidade da força $\vec{F}$ enquanto não há um deslizamento efetivo entre as duas superfícies, e atinge seu valor máximo quando as superfícies estão na iminência de deslizamento.

Com a caixa já em movimento com velocidade constante, a intensidade da força necessária para mantê-la nesse estado é menor que a aplicada para iniciar o movimento (Fig. 8).

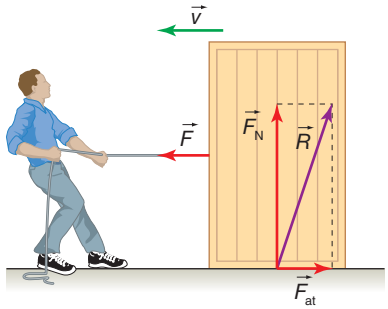


Figura 8 Representação esquemática das forças que agem na caixa em movimento com velocidade constante.

A intensidade da força de atrito diminui em relação à força de atrito estático máxima, sendo denominada **força de atrito de deslizamento dinâmico**, ou **cinético**, e tem intensidade constante e proporcional à força normal, sendo a constante de proporcionalidade o **coeficiente de atrito dinâmico μ_d**:

$F_{at} = \mu_d \cdot F_N$, em que μ_d é o **coeficiente de atrito dinâmico**.

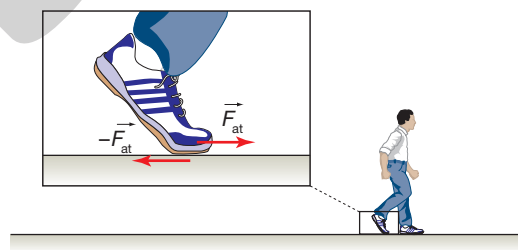
Entretanto, é impossível imaginar como seria o mundo se não existisse atrito. É pelo atrito entre o solo e os pés que podemos caminhar; por isso, cuidado ao andar sobre um chão liso e ensaboado ou sobre uma pista de gelo. Quando usamos uma caneta para escrever em uma folha de papel, fazemos uso do atrito; tente escrever com uma caneta esferográfica em uma placa de vidro liso e veja o que acontece. O atrito também permite que os carros se movimentem e interrompam o movimento, quando necessário.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

4. Reveja sua resposta à questão 2 do boxe Dialogando com o texto das páginas 140 e 141 sobre as forças de ação e reação no andar de uma pessoa, e elabore uma explicação mais completa, introduzindo o conceito da força de atrito.



Forças de atrito agindo como par ação-reação auxiliando o andar.

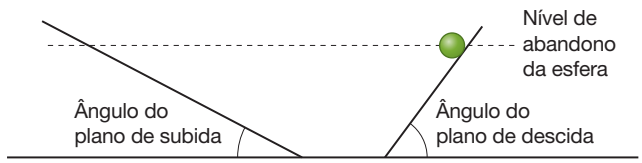
Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (Enem) Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.

1. a



Galileu e o plano inclinado. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br>. Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

MODERNA

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

a) manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.

b) manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.

c) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.

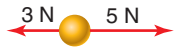
d) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.

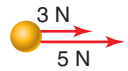
e) aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

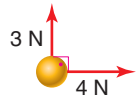
2. Nas situações a seguir, são apresentados corpos sujeitos a diferentes forças. Para cada situação, redesenhe no caderno o esquema apresentado e desenhe uma única força adicional que, ao ser aplicada ao corpo, permita que ele se movimente em linha reta com velocidade constante.

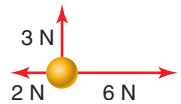
a)

b)

c) 

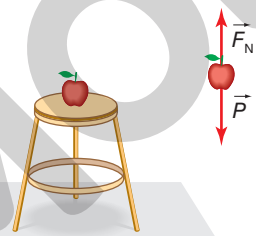
d) 

e) 

f) 

3. Suponha que você esteja confortavelmente sentado no banco traseiro de um automóvel em movimento e, imprudentemente, não esteja usando o cinto de segurança. O motorista aciona os freios bruscamente para evitar um atropelamento, "lançando" você para a frente, contra o banco dianteiro. Dois observadores, *S* e *V*, presenciam essa situação. O observador *S* está parado no referencial do solo e *V* está parado no referencial do próprio veículo. Explique, sob o ponto de vista de cada um dos observadores, por que você é "lançado" para a frente.

4. Consideremos um banquinho apoiado no solo com uma maçã em cima. Identifique as forças de reação à força normal e ao peso aplicados à maçã. A força normal e a força peso constituem um par ação-reação? Por quê?



Representação de uma maçã apoiada em um banquinho e o correspondente diagrama das forças atuantes sobre ela. (Representação sem escala; cores-fantasia.)

5. Uma mesma força resultante é aplicada a dois corpos diferentes, *A* e *B*, inicialmente em repouso, durante um mesmo intervalo de tempo. O corpo *A* atinge, então, a velocidade de 3 m/s e o corpo *B* atinge a velocidade de 7 m/s. Qual dos dois corpos tem maior massa?

6. Duas forças de intensidades $F_1 = 1{,}5$ N e $F_2 = 0{,}5$ N atuam simultaneamente sobre um corpo com massa de 250 gramas. Considerando que essas são as únicas forças que atuam sobre esse corpo, podemos dizer que o módulo da aceleração desse corpo é igual a:

6. c

a) 2,0 m/s²
b) 3,5 m/s²
c) 7,0 m/s²
d) 9,0 m/s²
e) 10,0 m/s²

7. Uma gota de chuva cai verticalmente de uma nuvem, chegando ao solo em 25 s.

a) Considerando que a aceleração da gravidade vale 10 m/s² e desprezando os efeitos de resistência do ar, qual seria a velocidade da gota de chuva ao atingir o solo?

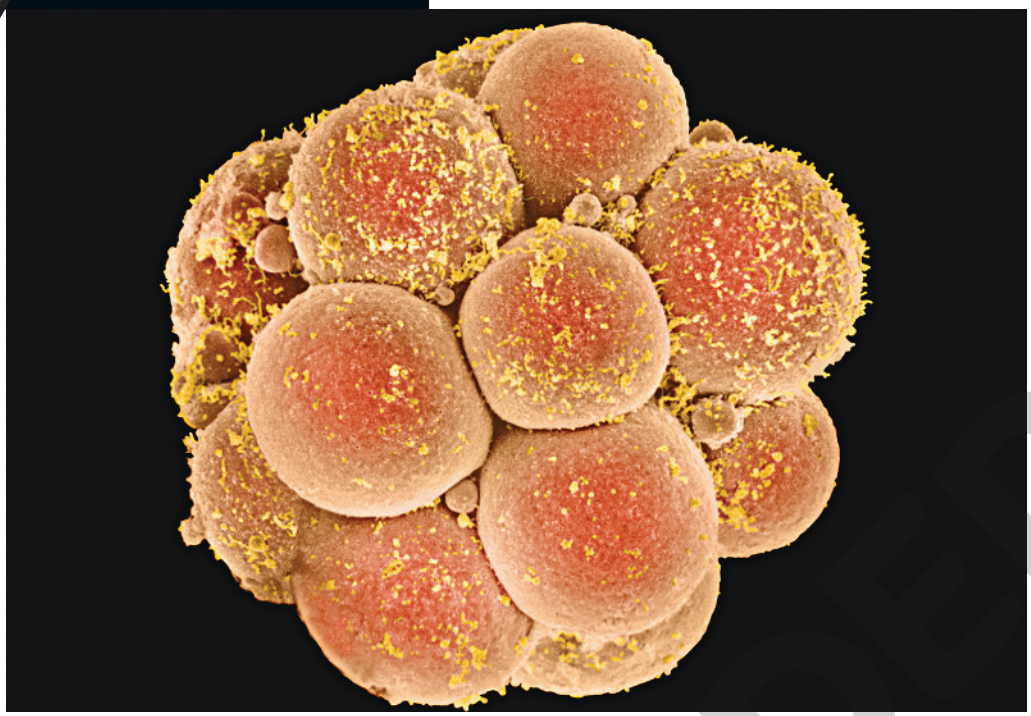
b) Explique por que, em uma situação como essa, a falta de resistência do ar poderia ser perigosa.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

CAPÍTULO

13 REPRODUÇÃO, MEIOSE E EMBRIOLOGIA ANIMAL



DR YORGOS NIKAS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

O embrião humano, cerca de uma semana após a fecundação, é um conjunto de células que lembra uma amora, daí o nome mórula dado a esse estágio de desenvolvimento embrionário. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ ≈ 2.500×, cores meramente ilustrativas.)

A continuidade da vida é um milagre que vemos a todo momento, em nossa espécie e em muitas outras, animais ou vegetais. Na reprodução sexuada, duas células se encontram e se unem, originando o zigoto, "pedra fundamental" de um novo ser. Em seguida, processos altamente organizados no espaço e no tempo levam ao desenvolvimento de um embrião e, no caso de nossa espécie, de um bebê autenticamente humano. Os estudos relacionados à reprodução e ao desenvolvimento embrionário nos fazem refletir sobre a complexidade dos detalhes envolvidos na perpetuação da vida na Terra.

Com exceção dos seres procarióticos (bactérias e arqueas), que não têm reprodução sexuada propriamente dita, há pouquíssimos organismos eucarióticos em que o sexo está ausente. A reprodução sexuada caracteriza-se pela fusão de duas células haploides, os gametas, com formação de uma célula diploide, o zigoto. Nos animais e nas plantas, a partir do zigoto desenvolve-se um novo organismo por meio de um processo conhecido como embriogênese, ou desenvolvimento embrionário. A embriogênese é um empreendimento fantástico, em que um zigoto humano, por exemplo, com cerca de 3 milionésimos de grama (0,000003 g), depois de 9 meses de desenvolvimento intrauterino, origina um bebê que pode chegar a mais de 3 kg (3.000 g). Isso representa um aumento de massa corpórea da ordem de 1 bilhão de vezes em menos de um ano e ilustra o ritmo fantástico do crescimento embrionário. Além disso, ao nascer, uma criança apresenta mais de duas centenas de tipos de células especializadas nas mais diversas funções: revestimento, contração, percepção, secreção, armazenamento e outras diversas especialidades.

Os estudos de embriogênese e da formação dos tecidos corporais revelaram a existência de células responsáveis pela intensa regeneração celular que ocorre em um indivíduo adulto: as células-tronco.

Em 1908 o histologista russo Alexander Maksimov (1874-1928) formulou a hipótese de que todas as células do sangue surgiam por diferenciação de células precursoras, que ele denominou células-tronco hematopoiéticas. O termo "célula-tronco" foi utilizado por Maksimov para enfatizar a suposta capacidade dessas células de gerar vários tipos celulares, assim como um

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT203
- EM13CNT205
- EM13CNT207
- EM13CNT301
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CNT304
- EM13CNT310
- EM13LGG303

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

EDITORIAL

tronco de uma árvore gera diversos ramos. Em 1963 os pesquisadores canadenses James E. Till (1931-) e Ernest A. McCulloch (1926-2011) demonstraram pioneiramente a existência de células-tronco hematopoiéticas na medula óssea de camundongos. Desde então, inúmeras descobertas sugerem que as células-tronco, por sua capacidade de gerar diferentes tipos de células do corpo, podem ter grande potencial terapêutico na recuperação de órgãos e de partes corporais doentes.

Alguns pesquisadores defendem que as células-tronco de embriões descartados da fertilização *in vitro* sejam utilizadas em experimentos e em tratamentos médicos. Esse tema ainda desperta muitas polêmicas e esbarra em questões éticas e morais.

1. Tipos de reprodução

A reprodução é a maneira pela qual a vida tem se perpetuado em nosso planeta desde sua origem. Ela pode ser de dois tipos: assexuada e sexuada.

Reprodução assexuada

Fala-se em **reprodução assexuada** quando um único genitor origina descendentes geneticamente idênticos a si. A maioria dos organismos unicelulares – bactérias, arqueas, protozoários e algas unicelulares – reproduz-se assexuadamente por meio de **divisão binária**, que consiste na divisão do indivíduo genitor em dois novos indivíduos.

Outro tipo de reprodução assexuada é a **esporulação**, que ocorre em certas algas e fungos multicelulares. Nesse tipo de reprodução indivíduos maduros liberam células denominadas **esporos**, que germinam ao encontrar condições favoráveis, dividindo-se por mitoses sucessivas, originando novos indivíduos geneticamente idênticos ao produtor do esporo.

Certas algas, plantas, fungos e alguns animais invertebrados reproduzem-se assexuadamente por meio de **brotamento**. Nesse processo um indivíduo forma expansões corporais – **brotos** – que posteriormente se separam do genitor e passam a ter vida independente (Fig. 1).

DENNIS KUNKEL MICROSCOPY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1 Fotomicrografia de uma hidra (*Hydra* sp.), animal do grupo das anêmonas e água-vivas, com um broto em desenvolvimento. (Microscópio eletrônico; aumento ≈ 30×; cores meramente ilustrativas.)

Reprodução sexuada

Na **reprodução sexuada** duas células haploides especializadas – os **gametas** – unem-se por meio da fecundação e originam uma célula diploide, o **zigoto**, que apresenta material genético dos dois gametas. O desenvolvimento do zigoto originará um novo indivíduo.

A reprodução sexuada é importante porque leva à formação de descendentes de vários tipos, em contraste com a reprodução assexuada, em que toda a descendência é geneticamente idêntica. Apresentar descendência variável, fenômeno que os cientistas denominam **variabilidade genética**, constitui uma vantagem evolutiva, porque aumenta a chance de surgirem indivíduos capazes de se adaptar a diferentes condições ambientais.

Em algum ponto do ciclo de vida de toda espécie com reprodução sexuada, ocorre um processo especial de divisão celular – a meiose – em que o número de cromossomos das células-filhas é reduzido à metade, contrabalançando a soma dos cromossomos maternos e paternos que ocorre na fecundação.

2. Meiose

As etapas da meiose

Como na mitose, na interfase que antecede a meiose e ocorre **duplicação dos cromossomos**, que passam a ser constituídos por duas **cromátides-irmãs** geneticamente idênticas, unidas pelo centrômero. A meiose compõe-se de duas divisões celulares consecutivas, denominadas **meiose I** e **meiose II**, cujas fases têm os mesmos nomes utilizados na mitose acrescidos dos números romanos I e II.

A meiose I tem início com a **prófase I**, etapa em que ocorre condensação cromossômica e emparelhamento dos cromossomos homólogos: cada cromossomo de origem materna emparelha-se a seu correspondente de origem paterna. Surgem assim pares de cromossomos duplicados, que se manterão emparelhados até o final da fase seguinte, a metáfase I. No citoplasma celular, como na mitose, organiza-se o fuso acromático, formado por fibras de microtúbulos provenientes de polos opostos da célula.

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

O início da **metáfase I** é marcado pelo desaparecimento da carioteca e consequente espalhamento dos pares de cromossomos pelo citoplasma. Os cromossomos de cada par de homólogos unem-se a fibras do fuso provenientes de polos opostos da célula: um dos cromossomos de cada par associa-se a um dos polos celulares, enquanto seu homólogo associa-se ao polo oposto.

A etapa seguinte é a **anáfase I**. À semelhança do que ocorre na mitose, as fibras do fuso acromático presas aos centrômeros começam a encurtar, puxando os cromossomos para os polos celulares. Os homólogos duplicados de cada par cromossômico, com suas duas cromátides unidas pelo centrômero, são separados e puxados para polos opostos da célula.

A chegada dos cromossomos aos polos celulares marca o início da **telófase I**, fase em que os cromossomos se descondensam e os envoltórios nucleares se reconstituem, originando dois novos núcleos, um em cada polo celular. Ocorre então a **citocinese I**, processo em que o citoplasma se divide, formando duas células, cada uma com metade do número de cromossomos que estavam presentes na célula que iniciou o processo. Lembre-se de que cada cromossomo ainda está constituído por duas cromátides unidas pelo centrômero.

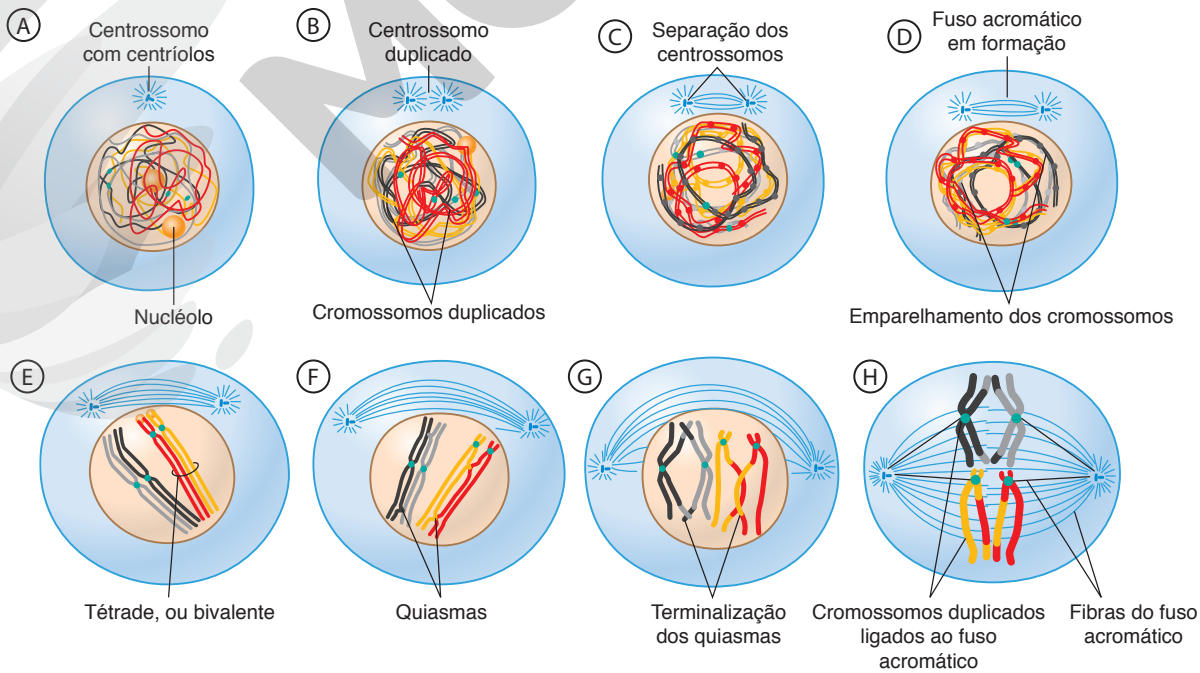
Cada uma das células originadas na citocinese I dá início à meiose II, que é praticamente idêntica à mitose. Em cada uma das células formadas na citocinese I ocorrem a condensação dos cromossomos e a formação do fuso acromático, eventos que caracterizam a **prófase II**. Em seguida a carioteca se rompe, os cromossomos espalham-se pelo citoplasma e unem-se a fibras do fuso, o que caracteriza a **metáfase II**. É importante notar que na metáfase II da meiose as cromátides-irmãs de cada cromossomo associam-se a fibras provenientes de polos opostos do fuso. Recorde o que ocorreu na metáfase I e faça a comparação. O fim da metáfase II é marcado pela divisão dos centrômeros que mantinham as cromátides-irmãs unidas.

Na **anáfase II** da meiose as cromátides-irmãs de cada cromossomo são puxadas para polos opostos do fuso, separando os dois lotes cromossômicos, um para cada polo celular. Tem início, então, a **telófase II**, fase em que ocorre a descondensação dos cromossomos e a reconstituição das cariotecas. Em seguida, ocorre a citocinese II, com divisão do citoplasma de cada célula.

Dialogando com o texto Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Há uma diferença marcante entre as anáfases I e II da meiose: qual é ela? Pode-se dizer que as células tornam-se haploides, do ponto de vista dos tipos de cromossomo por célula, no final da divisão I da meiose? Elabore uma apresentação gráfica que mostre essa diferença. Apresente-a aos colegas e debata com eles conceitos biológicos importantes, entre eles o de que misturas cromossômicas que ocorrem na meiose relacionam-se com a biodiversidade.

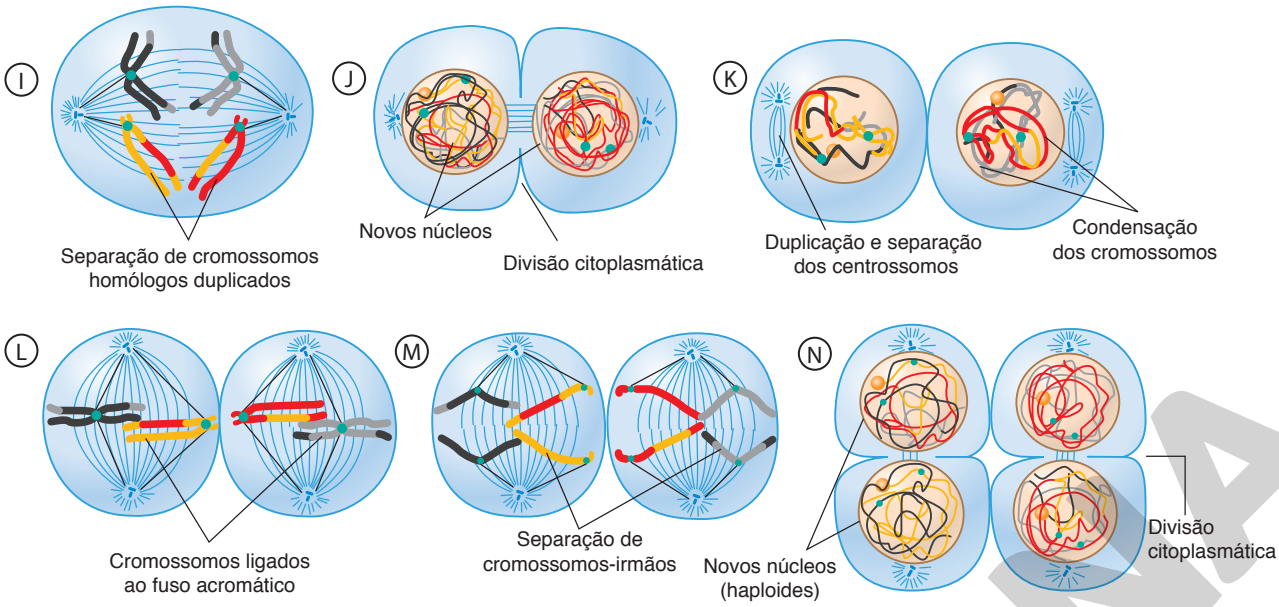
Ao final da meiose, formam-se quatro células haploides, as quais darão origem a gametas, no caso dos animais, ou a esporos, em algas e plantas (Fig. 2).



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

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

MODERNA



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

Figura 2 Representação esquemática das fases da meiose. (A) Interfase. (B - G) Prófase I. (H) Metáfase I. (I) Anáfase I. (J) Telófase I. (K) Prófase II. (L) Metáfase II. (M) Anáfase II. (N) Telófase II. Em (F), note a troca de pedaços entre cromátides homólogas, evento que ocorre na prófase I, durante o emparelhamento cromossômico. A troca de pedaços entre cromátides homólogas é denominada permutação ou, em inglês, *crossing-over*, e é visualizada nos quiasmas, que são figuras em forma de letra X decorrentes da sobreposição de cromátides-irmãs. A permutação cromossômica leva à união, no mesmo cromossomo, de genes provenientes da mãe, presentes em uma das cromátides, e genes provenientes do pai, presentes na cromátide homóloga. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. Porto Alegre: Artmed, 2015.

3. Gametogênese nos animais

Um aspecto importante da meiose é reduzir o número de cromossomos nas células-filhas, contrabalançando assim o aumento cromossômico que ocorre na fecundação. Nos animais os gametas formam-se a partir de células especiais – as **células germinativas** –, que desde as fases iniciais do desenvolvimento embrionário estão destinadas a passar por meiose. Nos machos as células germinativas localizam-se nos testículos e são chamadas de **espermatogônias**. Nas fêmeas essas células situam-se nos ovários e são denominadas **ovogônias**, ou oogônias. Tanto as espermatogônias como as ovogônias são células diploides ($2n$) e multiplicam-se por mitose, aumentando em número de modo a formar desde centenas até milhões de gametas.

A formação de gametas a partir das células germinativas é genericamente chamada de **gametogênese**. A formação de espermatozoides é denominada **espermatogênese** e a formação de óvulos, denominada **ovulogênese** (ou ovogênese, ou oogênese).

Espermatogênese em mamíferos

A espermatogênese ocorre nos testículos dos machos de mamíferos, onde as espermatogônias estão sempre se multiplicando por mitose e originando gerações seguidas de espermatogônias. Enquanto essa multiplicação ocorre, algumas espermatogônias crescem e diferenciam-se das outras, passando a ser denominadas **espermatócitos primários**, ou espermatócitos I. Os espermatócitos primários duplicam seus cromossomos e iniciam a divisão meiótica.

Ao fim da meiose I dos espermatócitos primários formam-se duas células-filhas de tamanhos equivalentes, denominadas **espermatócitos secundários**, ou espermatócitos II. Cada espermatócito secundário inicia a meiose II e origina duas células, também de tamanhos equivalentes, denominadas **espermátides**. Ao fim da meiose, cada espermatócito primário diploide origina quatro espermátides haploides com aproximadamente o mesmo tamanho.

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

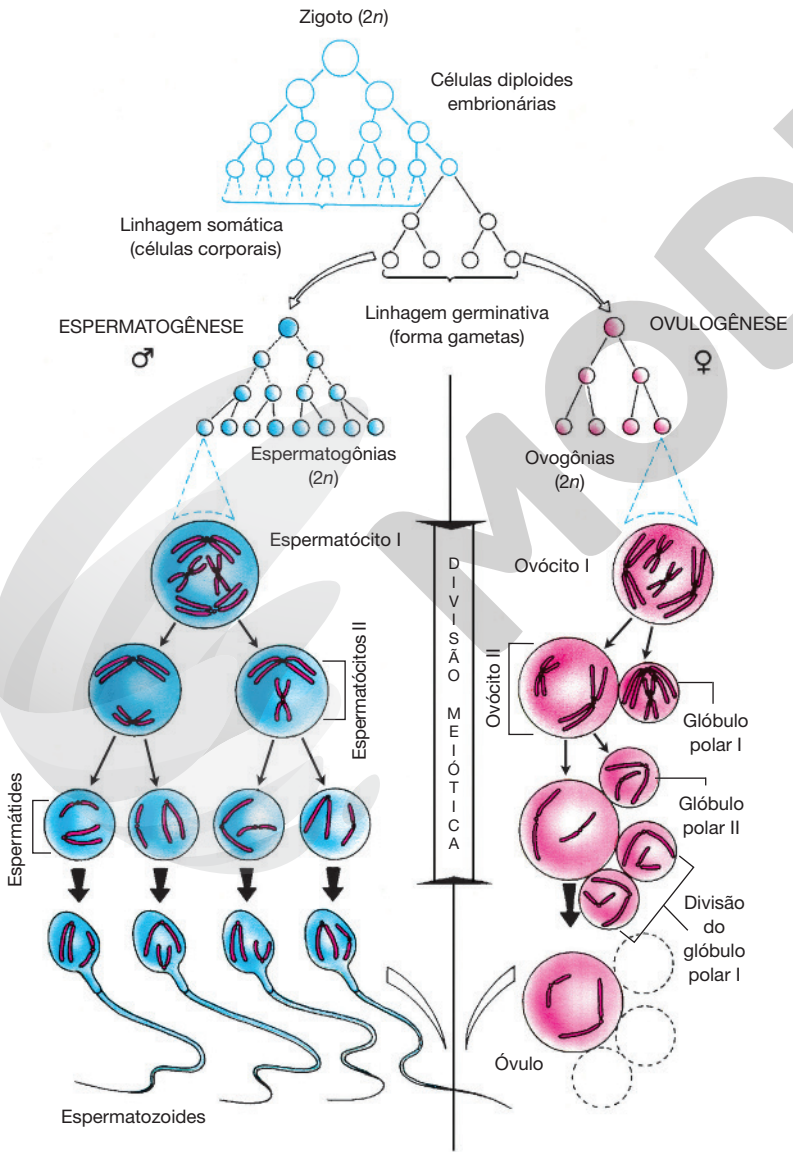
MODERNA

Cada espermátide passa então por um processo de especialização celular denominado **espermiogênese**, durante o qual se transforma em **espermatozoide**. Nesse processo um dos centríolos cresce e origina um longo flagelo, que será a cauda do gameta masculino. Parte do citoplasma é eliminada, o que torna o espermatozoide mais leve e ágil. Na cabeça do espermatozoide forma-se o acrossomo, uma bolsa que contém enzimas capazes de digerir os envoltórios ovulares, o que possibilita a fecundação.

Ovulogênese em mamíferos

Nos ovários das fêmeas de mamíferos, ainda durante a vida intrauterina, inicia-se a ovulogênese, o processo de formação dos gametas femininos. As células germinativas femininas – **ovogônias** – multiplicam-se por mitose até que se atinja determinado número de células, quando as mitoses cessam. Cada ovogônia acumula substâncias nutritivas no citoplasma e cresce, transformando-se em **ovócitos primários**, ou ovócitos I, os quais iniciam a meiose, que é interrompida temporariamente na prófase I.

Na fase reprodutiva da fêmea o ovócito I dá prosseguimento à meiose e origina, ao fim da primeira divisão, duas células de tamanhos diferentes: uma delas, chamada de **ovócito secundário**, ou ovócito II, fica com quase todo o citoplasma e o vitelo, enquanto a outra, na qual resta praticamente só o núcleo, constitui um pequeno glóbulo aderido a um dos polos do ovócito II; por isso, essa célula é denominada **glóbulo polar I**, ou corpúsculo polar I. Embora o glóbulo polar algumas vezes continue a meiose, ele não desempenha nenhum papel na reprodução e degenera depois de algum tempo.



ILUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO

O ovócito secundário retoma a divisão e inicia a meiose II, que prossegue até a metáfase II, quando é novamente interrompida. A meiose só se completará se o ovócito for fecundado por um espermatozoide. Nesse caso formam-se novamente duas células-filhas de tamanhos diferentes: uma pequena, que contém praticamente apenas o núcleo celular, chamada de **glóbulo polar II**, que logo degenera, e outra grande, chamada de **óvulo**, que contém praticamente todo o citoplasma e o vitelo, além do núcleo do espermatozoide fecundante.

A citocinese desigual na meiose das fêmeas possibilita que praticamente todo o vitelo, constituído por substâncias nutritivas para o futuro embrião, concentre-se em uma única célula. A partir de um ovócito primário diploide que inicia a meiose forma-se apenas uma célula funcional haploide, o óvulo (Fig. 3).

Figura 3 Representação esquemática que compara a espermatogênese (à esquerda) e a ovulogênese (à direita) em animais vertebrados. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. Porto Alegre: Artmed, 2015.

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

MODERNA

4. Fecundação e formação do zigoto nos animais

O processo de fusão de dois gametas, com formação de um zigoto diploide, é denominado **fecundação**, ou fertilização. Quando os gametas que se unem provêm de dois indivíduos distintos, fala-se em **fecundação cruzada**. Quando os gametas que se unem foram produzidos pelo mesmo indivíduo, fala-se em **autofecundação**. Nos animais, o encontro dos gametas masculino e feminino pode ocorrer no ambiente externo (**fecundação externa**) ou dentro do corpo da fêmea (**fecundação interna**).

Nos mamíferos, cuja fecundação é interna, a penetração do espermatozoide induz o gameta feminino a completar a segunda divisão meiótica, formando-se o segundo glóbulo polar e o óvulo propriamente dito. O núcleo haploide do óvulo passa então a ser chamado de **pronúcleo feminino**. No citoplasma ovular, o núcleo do espermatozoide aumenta de volume e passa a ser chamado de **pronúcleo masculino**.

Algumas horas após a penetração do espermatozoide no óvulo, os pronúcleos masculino e feminino aproximam-se; seus cromossomos duplicam-se e iniciam a condensação, preparando-se para a primeira divisão mitótica do futuro zigoto. Os pronúcleos feminino e masculino permanecem próximos ao fuso acromático em formação até que suas cariotecas degenerem, liberando no citoplasma do óvulo os cromossomos maternos e paternos, já duplicados e condensados.

Os cromossomos ligam-se às fibras do fuso e inicia-se a separação das cromátides-irmãs para polos opostos, o que caracteriza a primeira anáfase mitótica do zigoto. Cada polo celular recebe um lote de cromossomos maternos e um lote de cromossomos paternos. Formam-se dois núcleos-filhos e ocorre a citocinese, que origina as duas primeiras células do novo indivíduo, genética e cromossomicamente idênticas.

5. Segmentação e formação da blástula

A divisão do zigoto dá início ao desenvolvimento embrionário, que compreende três etapas principais: segmentação (ou clivagem), gastrulação e organogênese.

Na etapa de **segmentação**, como o próprio nome sugere, o zigoto divide-se rápida e seguidamente por mitoses, originando um aglomerado maciço de células conhecidas como **blastômeros**. Nessa fase o aglomerado de blastômeros é pouco maior que o zigoto e lembra uma amora microscópica, sendo por isso chamado de **mórula** (do latim *morula*, amora).

Na sequência do desenvolvimento, ocorre acúmulo de líquido no interior do embrião, o que leva ao surgimento de uma cavidade interna. O embrião passa, então, a ser chamado de **blástula** e a cavidade cheia de líquido em seu interior é a **blastocela** (do latim *cella*, pequeno quarto, cavidade).

Tipos de ovos e segmentação

Quando está se formando, ainda no organismo materno, o gameta feminino acumula substâncias que nutrirão as células embrionárias pelo menos durante as fases iniciais da embriogênese. O vitelo não se distribui homogeneamente no citoplasma do óvulo; ele é mais concentrado em um dos polos, denominado polo vegetativo, o que desloca o núcleo celular para o outro polo, denominado polo animal.

As substâncias nutritivas são predominantemente gorduras e proteínas, constituindo o **vitelo**. A quantidade e a distribuição do vitelo no citoplasma ovular variam nas diferentes espécies e permitem a classificação dos ovos em quatro tipos básicos: oligolécitos, mesolécitos, megalécitos (ou telolécitos) e centrolécitos.

A quantidade e a distribuição de vitelo influenciam fortemente o processo de segmentação do ovo, uma vez que interferem na divisão citoplasmática. Em ovos com pouco vitelo (denominados alécitos, ou isolécitos), as primeiras segmentações dividem inteiramente o citoplasma, sendo por isso denominadas **segmentações holoblásticas** (do grego *holos*, inteiro). Em ovos com quantidade relativamente grande de vitelo (denominados mesolécitos, ou heterolécitos), as primeiras segmentações são incompletas, ou seja, não chegam a dividi-los totalmente; nesse caso, fala-se em **segmentações meroblásticas** (do grego *meros*, parte), ou parciais.

Os ovos megalécitos apresentam quantidade de vitelo tão grande que as estruturas citoplasmáticas e o núcleo ficam restritos a uma pequena área do polo animal. As segmentações ocorrem apenas nessa região, denominada **disco germinativo**; a parte celular repleta de vitelo não se divide.

No início do desenvolvimento de ovos centrolécitos apenas os núcleos se dividem e não se formam células individualizadas. Após certo número de mitoses, os núcleos migram para a periferia do ovo e dispõem-se próximos à membrana ovular. Em seguida formam-se membranas plasmáticas individualizando células, que ficam dispostas em uma camada periférica do ovo; a massa de vitelo permanece na região central, daí a denominação centrolécitos.

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

MODERNA

A **blástula** originada de ovos oligolécitos, como a de mamíferos e de anfioxos, é geralmente uma bola oca de células, com uma grande cavidade central cheia de líquido, a **blastocela**. Nos ovos mesolécitos, como os de anfíbios, a blastocela é relativamente pequena e restrita à região do polo animal. Nos ovos megalécitos, como os de répteis e aves, a blástula resume-se a uma pequena calota de células, o **blastodisco**, composto de duas camadas celulares, a mais externa denominada epiblasto e a mais interna, hipoblasto. A blastocela é um espaço cheio de líquido entre essas duas camadas celulares (Fig. 4).

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

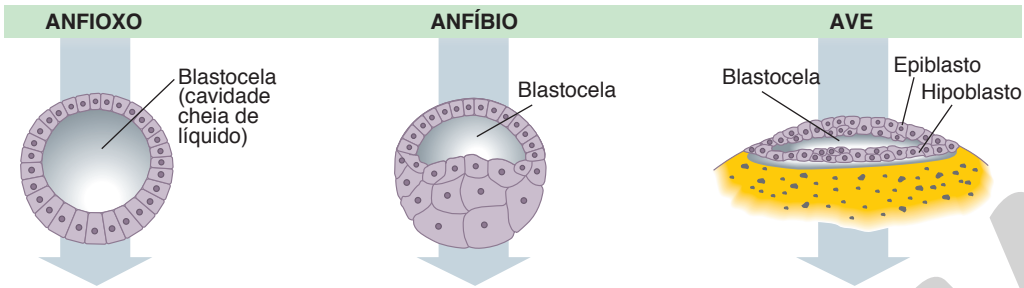


Figura 4 Representação esquemática, em corte, de tipos de blástula. Acompanhe com as explicações do texto. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.

6. Formação da gástrula

O estágio embrionário que se segue à blástula é chamado **gástrula**, e seu processo de formação é denominado **gastrulação**. Durante a gastrulação células que darão origem a músculos e órgãos internos migram para o interior do embrião, enquanto células precursoras da pele e do sistema nervoso mantêm-se na superfície.

A migração de células para dentro do embrião faz a blastocela dar lugar a uma nova cavidade, o **arquêntero** (do grego *archeos*, primitivo, e *enteron*, intestino), ou gastrocela (do grego *gastros*, estômago, e *cela*, cavidade). Esses nomes sugerem que essa cavidade interna da gástrula é o esboço do tubo digestivo do futuro organismo.

O arquêntero comunica-se com o meio externo por meio de uma abertura denominada **blastóporo**. Nos cordados, grupo ao qual pertencem os vertebrados, e também nos equinodermos (ouriços-do-mar, estrelas-do-mar, holotúrias etc.), o blastóporo origina o ânus do futuro animal. A boca forma-se em momento posterior do desenvolvimento, no lado oposto ao do blastóporo. Por isso esses animais são chamados **deuterostômios** (do grego *deuteros*, segundo, e *stoma*, boca). Em todos os outros grupos de animais com tubo digestivo completo, que apresentam boca e ânus (nematódeos, moluscos, anelídeos e artrópodes), o blastóporo origina a boca; o ânus surge posteriormente. Por isso esses animais são chamados **protostômios** (do grego *protos*, primeiro, e *stoma*, boca).

A formação dos folhetos germinativos

Durante o estágio de gástrula diferenciam-se os **folhetos germinativos**, também chamados de folhetos embrionários; são conjuntos de células dos quais derivam todos os tecidos corporais.

O folheto germinativo mais externo, que reveste o embrião, é o **ectoderma** (do grego *ecto*, fora). Dele derivam a camada superficial da pele, a epiderme, e diversas estruturas associadas a ela, como pelos, unhas, garras, glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas. O ectoderma origina também o sistema nervoso, composto do encéfalo, da medula espinhal, de nervos e de gânglios nervosos.

O folheto germinativo mais interno, que delimita a cavidade do arquêntero, é o **endoderma** (do grego *endo*, dentro). Ele dará origem ao revestimento interno do tubo digestivo e às diversas estruturas glandulares associadas à digestão, como glândulas salivares, glândulas mucosas, pâncreas, fígado e glândulas estomacais. O endoderma origina também o sistema respiratório, composto de brânquias ou pulmões.

O folheto germinativo situado entre o ectoderma e o endoderma é chamado de **mesoderma** (do grego *meso*, meio). Ele origina músculos, ossos, o sistema cardiovascular (coração, vasos sanguíneos e sangue), o sistema urinário (rins, bexiga e vias urinárias) e o sistema genital (Fig. 5).

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

MODERNA

As esponjas são os únicos animais que não apresentam folhetos germinativos na fase embrionária. Nos cnidários (águas-vivas, anêmonas, corais etc.), os embriões apresentam apenas dois folhetos germinativos, o ectoderma e o endoderma, sendo por isso denominados **animais diblásticos**. Em todos os outros grupos de animais os embriões apresentam três folhetos germinativos, sendo denominados **animais triblásticos**.

Durante o desenvolvimento embrionário da maioria dos animais, diferencia-se uma linhagem celular especial, denominada **linhagem germinativa**. Todas as demais células do embrião constituem a chamada **linhagem somática**. As células germinativas migram para as futuras gônadas (ovários ou testículos), onde originarão os gametas.

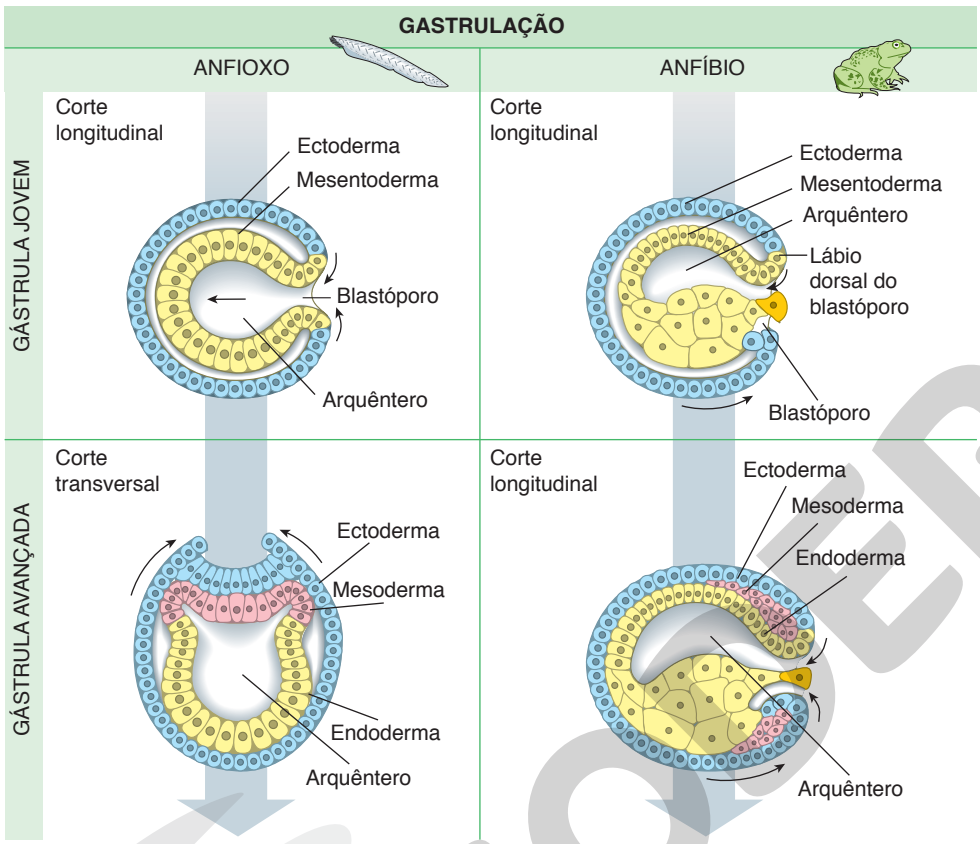


Figura 5 Representação esquemática em que se comparam os processos de gastrulação em anfioxo e anfíbio (as setas indicam o sentido de migração das células). No anfioxo as células de um polo da blástula parecem ser empurradas para dentro da blastocela. Nos anfíbios a gastrulação ocorre pela migração de células do lábio dorsal do blastóporo para o interior da blastocela e, também, pelo crescimento de células da camada externa, que penetram pelo lábio inferior. Mesentoderma é o nome do folheto antes de sua diferenciação em mesoderma e endoderma. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

7. Organogênese

Organogênese é a etapa do desenvolvimento embrionário em que se formam os diversos órgãos do animal.

Formação do tubo nervoso e da notocorda

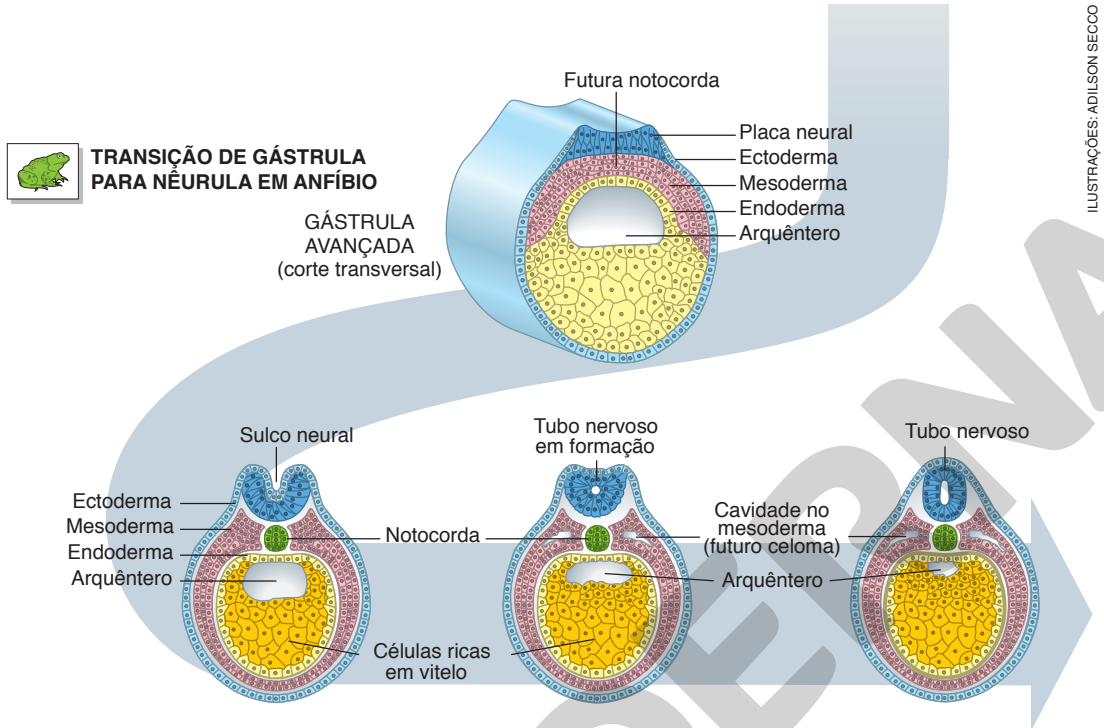
Nos cordados em estágio de gástrula, células ectodérmicas começam a formar uma placa celular achatada no dorso do embrião, a chamada placa neural. À medida que se desenvolve, a placa neural assume progressivamente o aspecto de uma calha, por isso chamada de sulco ou goteira neural. O sulco neural se aprofunda e suas bordas se aproximam e se fundem, isolando um tubo celular ao longo do dorso embrião: o **tubo nervoso**, ou tubo neural.

Ao mesmo tempo que o tubo nervoso se diferencia, um conjunto de células situado embaixo dele isola-se do mesoderma e forma um bastão consistente ao longo da região dorsal: a **notocorda** (do grego *notos*, dorso, costas), também chamada de corda dorsal (Fig. 6).

A notocorda é uma estrutura exclusiva dos animais cordados, grupo ao qual pertencemos. Embora presente no desenvolvimento embrionário de todos os cordados, a notocorda desaparece na fase adulta da maioria das espécies. Hoje se sabe que, além de dar suporte estrutural ao tubo nervoso, a notocorda também libera substâncias que induzem a diferenciação do próprio tubo nervoso.

Desenvolvimento do mesoderma e do endoderma

Enquanto o tubo nervoso e a notocorda se diferenciam, o mesoderma se desenvolve e passa a preencher todos os espaços entre o ectoderma e o endoderma embrionários. O mesoderma situado ao longo do dorso do embrião, chamado de mesoderma paraxial, divide-se em blocos transversais denominados **somitos**. A partir deles formam-se a derme, as vértebras, as costelas e os músculos estriados esqueléticos.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6 Representações esquemáticas de cortes de embrião de anfíbio em processo de transição de gástrula para nêurula, como é chamado o estágio em que se forma o tubo nervoso. Na parte superior da figura está representada uma gástrula avançada na qual já se formou a placa neural que dará origem ao tubo nervoso. Na parte de baixo da figura, representação de três estágios da formação do tubo nervoso. Enquanto isso ocorre o mesoderma se diferencia, formando a notocorda e blocos mesodérmicos, um em cada lado do corpo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.

Aplicando conhecimentos

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

Registre as respostas em seu caderno.

Escreva em seu caderno o termo abaixo que substitui corretamente a tarja entre parênteses das questões 1 e 2.

a) blástula
b) gástrula
c) mórula
d) nêurula

1. O desenvolvimento embrionário inicia-se com uma série de divisões rápidas do zigoto, o que leva à formação de uma bola maciça de células chamada (■).

1. c

2. O estágio do desenvolvimento embrionário dos vertebrados em que se formam os somitos é a (■).

2. d

3. Quais estruturas apresenta um embrião de vertebrado em fase de nêurula, do dorso para o ventre?

3. b

a) Tubo nervoso, arquêntero e notocorda.
b) Tubo nervoso, notocorda e arquêntero.
c) Notocorda, tubo nervoso e arquêntero.
d) Notocorda, arquêntero e tubo nervoso.

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

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

O texto do capítulo sugere por que os mamíferos têm anexos embrionários presentes em répteis e aves, como saco vitelínico e alantoide, apesar de a placenta dar conta das funções de tais estruturas. Seu desafio, nesta atividade, é escrever um parágrafo adicional explicando, à luz da evolução biológica, por que os mamíferos apresentam anexos embrionários. Você acha que isso reflete algum tipo de parentesco evolutivo? Pesquise a respeito.

8. Anexos embrionários

Em répteis, aves e mamíferos, paralelamente ao desenvolvimento dos tecidos e órgãos, formam-se estruturas celulares externas ao corpo do embrião, denominadas **anexos embrionários**. Essas estruturas são encarregadas de obter nutrientes, armazenar excreções, realizar trocas gasosas e manter um ambiente aquoso e protegido para o embrião. Os anexos embrionários são o saco vitelínico, o alantoide, o âmnio e o cório.

Saco vitelínico

Em embriões de aves e de répteis, o **saco vitelínico** surge pelo crescimento conjunto de endoderma e mesoderma sobre o vitelo, formando uma bolsa membranosa que envolve completamente a massa vitelínica, de modo que o embrião passa a ter o saco vitelínico estrategicamente ligado ao seu futuro intestino.

A parte mesodérmica do saco vitelínico desenvolve vasos sanguíneos e torna-se ricamente vascularizada. Enzimas produzidas por células endodérmicas digerem os grãos de vitelo, cujos nutrientes passam para os vasos sanguíneos e são distribuídos para todas as células do embrião.

Alantoide

O **alantoide** é uma projeção da parede do arquêntero formada pelo crescimento conjunto de endoderma e mesoderma. Esse anexo embrionário tem, portanto, a mesma constituição membranosa do saco vitelínico. A principal função do alantoide é armazenar substâncias ricas em nitrogênio, basicamente ácido úrico, excretadas pelos rins do embrião.

A excreção de ácido úrico é uma adaptação desenvolvida por répteis e aves, animais que põem seus ovos no ambiente de terra firme. Em razão de sua baixa solubilidade em água, excreções acumuladas no alantoide não se difundem pelo ovo, o que evita a intoxicação do embrião. Outra função do alantoide é participar da respiração embrionária, em parceria com outro anexo embrionário, o cório, como veremos mais adiante.

Âmnio

O **âmnio** é formado por ectoderma e mesoderma, que crescem ao redor do embrião, formando uma bolsa membranosa que o envolve totalmente, a **bolsa amniótica**. Essa bolsa, repleta de líquido, tem a função de manter o embrião em um ambiente aquoso, prevenindo sua dessecação e amortecendo eventuais choques mecânicos.

Cório

O **cório** é uma membrana formada pelo crescimento conjunto de ectoderma e mesoderma ao redor de todos os outros anexos embrionários, incluindo a bolsa amniótica, que contém o embrião.

Nos ovos de répteis e de aves, o cório se desenvolve junto à casca e em associação com a face externa do alantoide. O conjunto formado pelo cório e pelo alantoide, denominado alantocório, ou corioalantoide, é ricamente vascularizado, o que permite trocas de gases entre os tecidos embrionários e o ar ao redor da casca do ovo.

Os embriões dos mamíferos placentários, cujo desenvolvimento embrionário ocorre no interior do útero materno, apresentam os mesmos anexos embrionários de répteis e aves – saco vitelínico, alantoide, âmnio e cório –, embora sua função original tenha sido substituída pela da **placenta**. Esta é uma estrutura conjunta materno-embrionária pela qual se estabelece o intercâmbio de nutrientes, de gases e de excreções embrionárias entre o sangue da mãe e o do embrião.

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

MODERNA

Atividade em grupo

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Sua primeira tarefa é pesquisar em *sites* confiáveis da internet sobre tratamentos efetivamente comprovados com a utilização de células-tronco. A Sociedade Internacional para a Pesquisa com Células-Tronco (ISSCR, na sigla em inglês) mostra-se preocupada com o aumento da oferta de terapias com células-tronco antes de se constatar se elas realmente funcionam ou se têm contraindicações (se desejar, consulte o *site* <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-da-saude/brasil-vai-ganhar-banco-de-celulas-tronco-cobrindo-90-da-populacao/>, acesso em: 30 abr. 2020, para iniciar as pesquisas).

Forme um grupo de colegas para discutir e responder às questões a seguir.

a) Segundo as pesquisas que foram feitas por seu grupo, é possível acreditar na perspectiva terapêutica das células-tronco?

b) Com relação à maneira de se obter células-tronco comentada na introdução do capítulo, qual é a posição ética dos membros do grupo sobre o tema? É eticamente correto obter células-tronco de embriões gerados por fecundação *in vitro* e que seriam descartados? Se o tema despertar interesse e divergência de opiniões, considere a possibilidade de agregar todas as pessoas de sua classe no debate e divulgar as discussões em uma mídia social. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

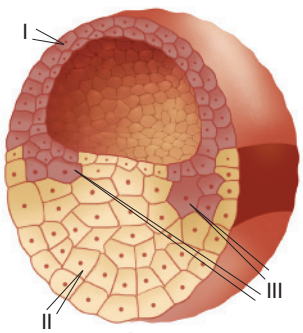
Atividades finais

Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

1. (UFRGS-RS) Observe a figura a seguir, que representa uma blástula. 1. e

Fonte: PURVES *et al. Vida*: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2006.



ILUSTRAÇÕES: CRIS ALENCAR

Com relação à figura, é correto afirmar que o número [redacted] corresponde à [redacted] que dá origem [redacted].

Indique a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

a) I – ectoderme – ao revestimento do trato digestivo
b) II – ectoderme – à epiderme
c) II – endoderme – ao sistema nervoso
d) III – endoderme – às glândulas sudoríparas e sebáceas
e) III – mesoderme – aos músculos e ossos

2. (UFJF-MG) Durante a gastrulação há uma reorganização significativa das células da blástula, que originam os 3 folhetos embrionários. Faz parte dessa reorganização a formação do arquêntero, que dará origem à(ao) 2. d

a) blastocela.
b) mesoderme.
c) placenta.
d) lúmen do sistema digestório.
e) tubo neural.

3. No *site* da *BBC News* encontramos o seguinte depoimento do hoje engenheiro ambiental Cleiton Jordão. Aos 6 anos de idade, ele aprendeu o que era a "chuva que morde".

> "Me lembro de começar a chover e eu ver uma criança na Vila Parisi correndo e gritando: 'É a chuva que morde!'. Eu não sabia o que era. Depois me explicaram que era a chuva ácida", relembra.
>
> COSTA, C. Eles cresceram sob chuva ácida e hoje lutam como engenheiros pelo meio ambiente. *BBC Brasil*. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39186927>. Acesso em: 30 abr. 2020.

Tratava-se do pico de um problema que levou a cidade de Cubatão, em São Paulo, a se tornar notícia internacional em virtude de seus altos índices de poluição do ar. Entre 1980 e 1981, houve um aumento muito grande de doenças respiratórias e bebês começaram a nascer com anomalias encefálicas.

Seu primeiro desafio nesta atividade é pesquisar em *sites* confiáveis da internet sobre os problemas que ocorreram em Cubatão no auge dessa crise ambiental e como as análises químicas permitiram monitorar e minimizar o problema, além de apontar os responsáveis. Anote dados e datas e pesquise a situação ambiental de Cubatão nos dias de hoje. Com base em suas descobertas, prepare-se para a segunda etapa da atividade.

Forme um grupo com alguns colegas para juntos elaborarem a resposta ao seguinte desafio: produzir uma notícia escrita em estilo jornalístico, incluindo a manchete, que revele como a atuação conjunta da Química e da Biologia tem possibilitado, no caso de Cubatão, enfrentar o problema da poluição ambiental e minimizar seus efeitos para as populações locais. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

MODERNA

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

Ampliando os conhecimentos

CAPÍTULO 1

Impresso

O método científico – Como o saber mudou a vida do homem, de Leopoldo de Meis. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2005.
O livro, escrito na forma de peça com 1 ato e 20 cenas, conta de que modo surgiu a ciência. Descreve fatos importantes, incluindo temas como morte, fome, guerra, doenças, crendices etc., e relata a participação de pessoas como Aristóteles, Ambroise Paré, Roger Bacon, Galileu Galilei, Lavoisier e Marat, mostrando de que forma as descobertas e os avanços da ciência interferiram no curso da vida do ser humano.

A ciência através dos tempos, de Attico Chassot. São Paulo: Moderna, 2004.
O livro aborda o conhecimento humano desde a descoberta e o uso do fogo até algumas das conquistas da ciência e da tecnologia do início deste século. Examina o saber de diversos povos, em diferentes épocas da civilização, até chegar ao nascimento das ciências modernas e contemporâneas. Discute também a questão dos valores éticos da ciência, diante do aumento da capacidade de compreender e transformar a realidade.

Internet

Para mandar no grupo da família: um guia de como checar se uma notícia é falsa
Guia com instruções de como identificar *fake news*, assunto importante para evitar a disseminação desse tipo de notícia como se fosse conhecimento científico.
Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45043716>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 2

Impresso

A relatividade do erro, de Isaac Asimov. Rio de Janeiro: Edições 70 – Brasil, 1991.
Qual é a origem da noção de que o "certo" e o "errado" são absolutos? Nesse livro, Asimov mostra que 9 mais 5 pode ser igual a 2! Isso mesmo, 9 + 5 = 2. Sendo 9 h da manhã e tendo se passado 5 horas, não serão 2 h da tarde?

1001 invenções que mudaram o mundo, de Jack Challoner. Rio de Janeiro: Sextante, 2014.
Da roda ao MP3, das ferramentas de pedra ao avião, esse livro explora a história por trás de cada invento e traça o caminho desde sua concepção até os mais recentes aprimoramentos.

Internet

Scistarter
O *site*, em inglês, é um repositório de pesquisas em andamento em diversas áreas, nas quais pessoas comuns podem colaborar para a coleta de dados. Você poderá escolher onde coletar os dados (em sua casa, na escola, na praia, durante uma caminhada etc.) e a área de interesse (animais, pássaros, insetos, arqueologia, astronomia, biologia, química, entre outras).
Disponível em: <https://scistarter.org>. Acesso em: mar. 2020.

Vídeo

Luz, trevas e o método científico
O vídeo, com duração de aproximadamente uma hora, foi produzido pelo Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ e trata o tema com muitos detalhes. Todo o filme é conduzido em um tom bastante humanista, com pontuações sobre as benesses e as tragédias – quando mal utilizada – que a ciência pode trazer. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=G0olmVekJzg&list=PL23540C7224C5931C>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 3

Impresso

As ferramentas do químico, de Aécio Pereira Chagas. *Química Nova na Escola*, n. 5, 1997, p. 18-20.
Artigo discute conceitos – matéria, material, corpo e substância – e a relação deles com as ferramentas químicas, explicando a importância destas para o diálogo entre teoria e prática.

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

CAPÍTULO 4

Impresso

Bohr: o arquiteto do átomo, de Maria Cristina Abdalla. São Paulo: Odysseus Editora, 2002. (Coleção Imortais da ciência).
A autora aborda a importância científica do desenvolvimento do modelo atômico proposto por Bohr e o impacto que ele teve na Física e na Química, trazendo a necessidade de reavaliar alguns conceitos e possibilitando a compreensão de outros fatos até então sem explicação científica.

O átomo e a tecnologia, de Maria Tolentino e Romeu C. Rocha-Filho. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996, p. 4-7.
Esse artigo apresenta o estudo da estrutura do átomo como rica fonte de fatos que explicaram fenômenos do dia a dia ou resultaram em importantes aplicações práticas.

CAPÍTULO 5

Impresso

Fundamentos de Sistemática filogenética, de Dalton de Souza Amorim. São Paulo: Holos, 2002.
O livro traz diversos conteúdos sobre Sistemática e diversidade biológica, com informações sobre construção de cladogramas e exercícios com respostas.

Internet

Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo
O museu trabalha com a diversidade de animais no Brasil e disponibiliza visitas, cursos e materiais que mostram relações entre seres vivos.
Disponível em: <http://mz.usp.br/pt/pagina-inicial/>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 6

Impresso

Os movimentos – Pequena abordagem sobre a Mecânica, de Nicolau Gilberto Ferraro. São Paulo: Moderna, 2015. (Coleção Desafios).
O livro apresenta uma introdução ao estudo dos movimentos dos corpos e descreve o empenho de pensadores e cientistas na formulação de teorias e leis que explicam esses movimentos. Mostra que a ciência não é obra

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

MODELO

de uma só pessoa, mas resulta de um processo que se estende de geração a geração.

Internet

Direção defensiva – Comportamento seguro
No endereço eletrônico do Instituto de Certificação e Estudos de Trânsito e Transportes (Icetran), é possível encontrar informações sobre o conjunto de medidas e procedimentos utilizados para prevenir ou minimizar as consequências dos acidentes de trânsito, a chamada direção defensiva, entre várias outras informações e dicas.
Disponível em: <http://www.educacaotransito.pr.gov.br/pagina-122.html>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 7

Internet

Cells alive!
Site com informações sobre as células (em inglês).
Disponível em: <https://www.cellsalive.com/cells/3dcell.htm>. Acesso em: mar. 2020.

Fronteiras fluidas: propriedades elásticas das membranas variam segundo o tipo e a função das células, de Ricardo Zorzetto. *Pesquisa Fapesp*, 2013.
Neste texto de divulgação científica, são apresentados alguns aspectos da biofísica das membranas de diferentes tipos de células humanas.
Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2013/11/18/fronteiras-fluidas/>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 8

Impresso

Células-tronco: promessas e realidades, de Lygia da Veiga Pereira. São Paulo: Moderna, 2013.
Nesse livro são apresentados os diferentes tipos de células-tronco, suas possíveis vantagens e limitações no uso terapêutico, o que já é realidade e o que ainda são promessas das terapias com células-tronco.

Internet

ABC do câncer: abordagens básicas para o controle do câncer. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2018.
Nesse material produzido pelo Ministério da Saúde é possível entender a relação das divisões celulares e a doença câncer.
Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/livro-abc-4-edicao.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 9

Impresso

Tio Tungstênio: memórias de uma infância química, de Oliver Sacks. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
O autor relata lembranças de sua infância impregnada pelo contato com os metais e suas propriedades. O título é uma alusão ao tio, que fabricava lâmpadas de tungstênio.

CAPÍTULO 10

Impresso

Moléculas, de Peter William Atkins. São Paulo: Edusp, 2006.
Livro de divulgação científica em que o autor relaciona 160 substâncias, seus modelos moleculares, suas aplicações, propriedades, ocorrência e importância no cotidiano. Inclui informações sobre polímeros largamente utilizados.

CAPÍTULO 11

Impresso

Movimento, de Brenda Walpole. São Paulo: Melhoramentos, 1993. (Coleção Ciência Divertida).
O livro mostra de maneira divertida fenômenos relativos ao movimento, como a gravidade, o equilíbrio, a fricção, e como funcionam as rodas, as engrenagens, as polias, as alavancas e os pêndulos.

Internet

Adição de vetores
Nessa página, você encontrará um aplicativo simples, que permite efetuar, graficamente, a adição de até cinco vetores. Você poderá alterar a orientação e a intensidade de cada vetor e observar como o vetor soma é obtido pelo método da linha poligonal.
Disponível em: <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/resultant_pt.htm>. Acesso em: mar. 2020.

CAPÍTULO 12

Impresso

A arte de resolver problemas, de George Polya. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.
Uma grande descoberta resolve um grande problema, mas há sempre uma pitada de descoberta na resolução de qualquer problema. Ele pode ser modesto, mas, se desafiar a curiosidade e puser em jogo as faculdades investidas, quem o resolver por seus próprios meios experimentará a tensão e gozará o triunfo da descoberta. Tais experiências, numa idade suscetível, podem gerar o gosto pelo trabalho mental e deixar sua marca para sempre.

Metodologia científica ao alcance de todos, de Celicina Maria da Silveira Borges Azevedo. 4. ed. Barueri/SP: Manole, 2018.
Essa obra discorre sobre os princípios da metodologia científica, estimulando o estudante e ensinando-o a aprender a pensar, a fazer perguntas e a formular hipóteses. De forma clara e didática, a autora apresenta os principais conceitos relacionados ao método científico, ao experimento controlado e à pesquisa por meio de levantamentos, além de abordar a criação de projetos e a importância das feiras de ciências.

CAPÍTULO 13

Internet

Uma casa com três senhores, de Jerry Carvalho Borges. *Ciência Hoje*.
Esse texto aborda a formação de embriões humanos com 69 cromossomos e relata que pesquisadores têm procurado esclarecer como podem se formar e se desenvolver, pelo menos durante algum tempo, embriões e fetos humanos com conjuntos extras de cromossomos.
Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/coluna/uma-casa-com-tres-senhores/>. Acesso em: mar. 2020.

Instituto de Pesquisa com Células-tronco
O *site* do Instituto de Pesquisa com Células-tronco reúne diversas informações sobre essa área, podendo ser consultado por quem quiser se manter atualizado sobre o assunto. Também ajuda a ter uma visão sobre avanços da ciência brasileira nesse tema.
Disponível em: <http://celulastroncors.org.br/>. Acesso em: mar. 2020.

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

MODERNA

Referências bibliográficas

ALBERTS, B.; DENNIS, B.; LEWIS, V. *Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Livro com diversas informações sobre citologia, sendo referência para diversos assuntos da área.

ATKINS, P. W. *et al*. *Atkins' Physical Chemistry*. 11. ed. Oxford: Oxford University Press, 2018.

O livro é uma importante fonte de consulta para temas de físico-química.

ATKINS, P. W. *et al*. *Chemical Principles*: the quest for insight. 6. ed. New York: Freeman, 2013.

Livro utilizado como fonte de estudo para ligações químicas interatômicas.

BAAQUIE, B. E.; WILLEBOORDSE, F. H. *Exploring Integrated Science*. Boca Raton: CRC Press, 2010.

O livro apresenta uma abordagem integrada de ciências e foi fonte de informações para explicar fundamentos da química.

BETTELHEIM, F. A. *et al*. *Introduction to General, Organic & Biochemistry*. 10. ed. Belmont: Brooks/Cole, 2013.

Livro que aborda aspectos de química geral, química orgânica e bioquímica.

BLEI, I.; ODIAN, G. *General, Organic and Biochemistry*: connecting Chemistry to your life. 2. ed. Nova York: Freeman, 2006.

O livro traz informações e explicações sobre diversos aspectos da química e foi utilizado como referência para abordar compostos orgânicos.

BLOOMFIELD, Louis A. *How things work*: the Physics of everyday life. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

Livro de diversos assuntos referentes a física, que traz tópicos dessa área aplicados em atividades cotidianas.

BROWN, T. L. *et al*. *Chemistry*: *the central science*. 14. ed. Nova York: Pearson, 2018.

Livro que contém informações sobre diversos aspectos de química geral.

BUCHWALD, J. Z.; FOX, R. *The Oxford handbook of the history of Physics*. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2013.

Manual com diversas informações sobre a história da física e suas descobertas.

BURGE, S. *Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGrawHill, 2020.

O livro possui informações e análises utilizadas para abordar o tema de ligações químicas interatômicas.

BURROWS, A. *et al*. *Chemistry*: introducing Inorganic, Organic and Physical Chemistry. Oxford: Oxford University Press, 2009.

Livro que aborda química orgânica, inorgânica e físico-química de maneira interconectada.

BYLIKIN, S. *et al*. *Chemistry*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

O livro possui material de consulta utilizado para o estudo da tabela periódica e dos modelos atômicos.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. *Materials Science and Engineering*. 9. ed. Hoboken: John Wiley, 2014.

Livro usado como referência para estudo de aspectos da ligação metálica.

CAREY, F. A.; GIULIANO, R. M. *Organic Chemistry*. 10. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2017.

O livro é uma tradicional referência na área de química orgânica.

CHAVES, A. *Física básica*: gravitação, fluidos, ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

Livro utilizado como referência para o estudo de movimentos.

COHEN, E. R. *et al*. *Grandezas, unidades e símbolos em Físico-química*. (Livro Verde da IUPAC.) 1. ed. São Paulo: SBQ, 2018.

O livro é referência para dados, simbologias e padronização de unidades.

COOPER, G. M. *The Cell*: A Molecular Approach. 2. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2000.

Livro que aborda diversos temas de citologia, como organização do núcleo e organelas citoplasmáticas.

DURAND, M.; FAVARD, P. *A célula*. São Paulo: Edgard Blucher/Edusp, 1972.

O livro foi usado como referência nos capítulos que abordam citologia.

EBBING, D. D.; GAMMON, S. D. *General Chemistry*. 11. ed. Boston: Cengage, 2017. p. 216.

Livro com diversas informações sobre química geral, como estrutura da matéria e ligações químicas.

EISBERG, R. M.; LERNER, L. S. *Física*: fundamentos e aplicações. São Paulo: McGraw-Hill, 1982. v. 2.

O livro contém diversos tópicos sobre física, incluindo o estudo de movimentos.

EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (org.). *O que é vida*?: para entender a Biologia do século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

Livro com capítulos escritos por diversos autores que analisam o conceito de vida.

EMSLEY, J. *Nature's Building Blocks*: An A-Z Guide to the Elements. New edition. Oxford: Oxford University Press, 2011.

O livro apresenta diversas informações sobre elementos químicos e suas propriedades.

FAVRE, H. A.; POWELL, W. H. *Nomenclature of Organic Chemistry*: *IUPAC recommendations and preferred names 2013*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2014.

Livro com referências para nomenclatura de compostos orgânicos.

FISHBANE, P. M.; GASIOROWICZ, S.; THORNTON, S. T. *Physics for scientists and engineers*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005.

O livro foi usado como referência para os capítulos que abordam as Leis de Newton.

GARCIA. S. M. L.; FERNÁNDEZ, C. G. *Embriologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

Livro que contém informações e referências utilizadas no capítulo que aborda embriologia.

GIANCOLI, D. C. *Physics*: principles with applications. Boston: Addison-Wesley, 2004.

O livro aborda diversos assuntos de física, indicando aplicações para diversos princípios físicos.

GILBERT, S. F. *Developmental Biology*. 9. ed. Sunderland (MA): Sinauer, 2010.

Livro que trata de biologia do desenvolvimento, mostrando aspectos do desenvolvimento embrionário humano.

GRAY, T. *The elements*: A visual exploration of every known atom in the Universe. Nova York: Black Dog & Leventhal, 2009.

O livro é fonte de informação para o estudo dos elementos químicos e da tabela periódica.

HALLIDAY, D. *et al*. *Fundamentals of Physics*. 10. ed. Hoboken: John Wiley, 2014.

Livro que contém diversas informações utilizadas para o estudo de vetores e das Leis de Newton.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*: mecânica. Rio de Janeiro: LTC, 2007. v. 1.

Livro que contém diversas informações utilizadas para o estudo de vetores e das Leis de Newton.

HAYNES, W. M. (ed.). *CRC handbook of Chemistry and Physics*. 92. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

Fonte de diversas informações numéricas sobre substâncias químicas.

HAZEN, R. M.; TREFIL, J. *The physical sciences*: an integrated approach. Hoboken: John Wiley & Sons, 1996.

Livro que aborda diversos conceitos da área de física de maneira integrada.

HEILBRON, J. L. *Physics*: a short history from quintessence to quarks. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.

O livro foi utilizado como referência para estudo da estrutura atômica e da tabela periódica.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. São Paulo: Bookman, 2011.

Livro utilizado como referência para estudo de grandes escalares, vetoriais e das Leis de Newton.

HEWITT, P. G. *et al*. *Conceptual Physical Science*. 6. ed. Boston: Pearson, 2017.

Livro utilizado como referência para estudo de grandezas escalares, vetoriais e das Leis de Newton.

HICKMAN JR., C. P. *et al*. *Princípios integrados de zoologia*. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

O livro aborda aspectos de zoologia e analisa diversas relações evolutivas entre os seres vivos.

HOUILLON, C. *Embriologia*. São Paulo: Edgard Blücher/Edusp, 1972.

Livro que foi utilizado como referência para o capítulo que discute reprodução sexuada e embriologia.

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

MODERNA

HUETTNER, A. E. *Fundamentals of comparative embriology of the vertebrates*. ed. rev. Nova York: Macmillan, 1949.

O livro mostra aspectos comparados de embriologia, fornecendo informações sobre relações evolutivas entre os seres vivos.

IUPAC. *Periodic table of elements*. 2018. Disponível em: <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>. Acesso em: abr. 2020.

Tabela periódica da União Internacional de Química Pura e Aplicada, utilizada como padrão nesta obra.

KOTZ, J. C. *et al*. *Chemistry & Chemical Reactivity*. 9. ed. Stamford: Cengage, 2015.

O livro foi utilizado como fonte de estudo da estrutura da matéria e tabela periódica.

KRAUSKOPF, K. B; BEISER, A. *The physical universe*. 14. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2012.

Livro traz aspectos essenciais de química, física, geologia e astronomia.

LEVINE, I. N. *Quantum Chemistry*. 7. ed. Pearson: Upper Saddle River, 2014.

O livro aborda assuntos de química quântica, com informações sobre a estrutura da matéria.

LODISH, H. *et al. Biologia celular e molecular*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

Livro com diversas informações sobre citologia, como a estrutura da membrana plasmática e comunicação celular.

LOPES, C. V. M. *Modelos atômicos no início do século XX*: da física clássica à introdução da teoria quântica. 2009. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

Tese consultada acerca da evolução dos modelos atômicos.

MADER, S. S. *Biology*. 8. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

O livro trata de aspectos gerais de biologia, passando por áreas como citologia até conservação da biodiversidade.

MAYNARD SMITH, J. *The problems of Biology*. Oxford: Oxford University Press, 1986.

Livro que aborda aspectos fundamentais da biologia, como evolução e cognição.

McMURRY, J. E. *et al*. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

O livro tem informações sobre diversas áreas da química e foi utilizado como referência para tratar estrutura da matéria e ligações químicas.

MELZER, E. E. A.; AIRES, J. A. *A História do desenvolvimento da teoria atômica*: um percurso de Dalton a Bohr. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática, Belém, v. 11, n. 22, p. 6277, jan.-jun. 2015.

Artigo que mostra aspectos da evolução dos modelos atômicos.

MOORE, J. W.; STANITSKI; C. L. *Chemistry*: the molecular science. 5. ed. Stamford: Cengage, 2015.

Livro que aborda aspectos moleculares da química.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 6. ed. Nova York: Freeman, 2013.

O livro é fonte de informações e análises sobre bioquímica, ajudando a relacionar aspectos de química e biologia.

OREAR, J. *Física*. Rio de Janeiro: LTC, 1971.

Material utilizado no estudo de grandezas escalares, vetoriais e das Leis de Newton.

OREAR, J. *Fundamentos da Física*. Rio de Janeiro: LTC, 1991. v. 1.

Material utilizado no estudo de grandezas escalares, vetoriais e das Leis de Newton.

PAULING, L. *The nature of chemical bonding*. Ithaca: Cornell University Press, 1960.

O livro é uma referência para o estudo de ligações químicas, apresentando resultados experimentais e suas implicações.

PETRUCCI, R. H. *et al*. *General Chemistry*. 11. ed. Toronto: Pearson, 2017.

O livro tem diversas informações sobre fundamentos da química.

QUADBECK-SEEGER, H. J. *World of the elements. Elements of the World*. Weinheim: Wiley-VCH, 2007.

Livro que contém diversas informações sobre elementos químicos, suas propriedades e usos.

REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

O livro aborda diversos aspectos de biologia, como citologia, botânica, evolução e classificação biológica.

RONAN, C. A. *História ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. 4 v.

Livro usado como referência para aspectos históricos da química.

RUTHERFORD, E. The scattering of α and β Particles by matter and the structure of the atom. *Philosophical Magazine*, Abingdon, série 6, v. 21, p. 669-688, 1911.

Artigo que aborda como o espalhamento de partículas α e β foi interpretado por Rutherford.

SHIPMAN, J. T. *et al*. *An introduction to Physical Sciences*. 13. ed. Boston: Brooks/Cole, 2013.

O livro contém princípios de física e química e foi utilizado como referência para fundamentos da química.

SILBERBERG, M. S.; AMATEIS, P. G. *Chemistry*: the molecular nature of matter and change. 8. ed. Nova York: McGrawHill, 2018.

Livro utilizado como referência para aspectos sobre estrutura da matéria e tabela periódica.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES – SI. 1ª ed. brasileira da 8ª ed. do BIPM. Inmetro, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

Publicação que mostra padrões e informações referentes ao Sistema Internacional de Unidades.

SMITH, J. G. *Organic Chemistry*. 5. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2017.

O livro foi usado como referência para os temas que envolvem química orgânica.

SPEYER, E. *Seis caminhos a partir de Newton*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

Livro que aborda o trabalho de Newton e algumas possibilidades que se abriram a partir deles.

SOLOMONS, T. W. G. *et al*. *Organic Chemistry*. 12. ed. Hoboken: Wiley, 2016.

O livro foi usado como referência para os temas que envolvem química orgânica.

STWERTKA, A. *A guide to the elements*. 2. ed. Nova York: Oxford University Press, 2002.

Livro do qual foram extraídas informações sobre os elementos químicos.

TIMBERLAKE, K. C. *Chemistry*: an introduction to General, Organic, and Biological Chemistry. 11. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2012.

O livro aborda fundamentos de química geral e orgânica, contextualizando-as com aspectos inerentes aos seres vivos.

TIPLER, P. A. *Física*. Rio de Janeiro: LTC, 2000. v. 4.

Livro com aspectos gerais da física utilizado como referência no estudo dos movimentos.

TRO, N. J. *Introductory Chemistry essentials*. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2006.

O livro trata de aspectos fundamentais da química.

VOLGELSTEIN, B.; KINZLER, K. W. The multistep nature of Cancer. *Trends in Genetics*, n. 9, p. 138-141, 1993.

Artigo que aborda como surgem cânceres, mostrando algumas possibilidades de mutações relacionadas ao surgimento dessa doença.

VOET, D. *et al*. *Fundamentals of Biochemistry*: life at the molecular level. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2016.

Livro que trabalha temas de bioquímica, como estrutura de biomoléculas à luz de conceitos de química orgânica.

VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. *Organic Chemistry*: structure and function. 8. ed. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2018.

O livro mostra diversos aspectos da química orgânica, sendo fonte de consulta para diversos assuntos da área.

WHITTEN, K. W. *et al*. *Chemistry*. 10. ed. Belmont: Brooks/ Cole, 2014.

Livro que trabalha diversos aspectos da química, como as ligações interatômicas.

WILSON, Jerry D.; BUFFA, Anthony J. *Física*. Naucalpan: Pearson Educación, 2003.

O livro aborda conceitos variados de física que foram abordados neste volume.

WOLFSON, Richard; PASACHOFF, Jay M. Physics. New York: Harper Collins College, 1995.

Livro utilizado como referência do estudo dos movimentos.

WOLPERT, L. *et al*. *Princípios de biologia do desenvolvimento*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Livro com diversas informações sobre embriologia.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *University Physics*. 14. ed. Harlow: Pearson, 2016.

O livro trata de diversos assuntos da física, como estrutura da matéria.

ZUMDAHL, S. S. *et al*. *Chemistry*. 10. ed. Boston: Cengage, 2018.

Livro que expõe conceitos gerais de química.

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

MOCHILA

MODERNA

ISBN 978-65-5779-245-2

MODERNA